Ракеты “Факела”
Fakel’s Missiles

Москва
2003

Под общей редакцией
генерального конструктора МКБ "Факел",
доктора технических наук, профессора В.Г. Светлова

Автор: Владимир Коровин
Графика: Александр Фаныгин
Фото: Леонид Якутин, Вячеслав Афонин, Александр Беляев, Мирослав Дюреши (Словакия),
Михаил Дюрягин, Владимир Коровин, Юрий Пахомов, Александр Холодов
Фото из архивов: МКБ "Факел", ОАО "Концерн ПВО "Алмаз-Антей",
ОАО "НПО "Алмаз", ОАО "Концерн "Антей", ОАО "Оборонительные системы"

Under general supervision of
Professor Vladimir G. Svetlov, General Designer of Fakel Engineering Design Bureau,
Dr. Sc. (Engineering)

Compiled by Vladimir Korovin
Graphics: Alexander Fanygin
Photos by: Leonid Yakutin, Vyacheslav Afonin, Alexander Belyayev, Miroslav Gyurosi,
Mikhail Duryagin, Vladimir Korovin, Yuri Pakhomov, Alexander Kholodov
Photos from archives of Fakel Engineering Design Bureau, Almaz-Antey Air Defense Concern JSC,
Almaz Research and Production Association JSC, Antey Concern JSC, Defense Systems JSC

Copyright © МКБ "Факел" им. академика П.Д. Грушина, 2003
Copyright © Дизайн и верстка РИА "Глория-Арт", 2003

Copyright © Fakel Engineering Design Bureau named after Academician Pyotr D. Grushin, 2003
Copyright © Design and Layout by Gloria-Art, 2003

Содержание

Contents

Введение
Introduction 5

Генеральный конструктор П.Д. Грушин
General Designer Pyotr D. Grushin 9

МКБ "Факел": полвека на передовых рубежах
Fakel Engineering Design Bureau: At the Front Line for Half a Century 27

Зенитные ракеты для войск ПВО
Missiles for the Air Defense Forces 33

Ракеты для войсковых систем ПВО
Missiles for the Army AD Systems 95

Зенитные ракеты для корабельных ЗРК
Missiles for the Naval Air Defense Systems 117

Авиационные ракеты класса “воздух-воздух”
Air-to-Air Missiles 153

Ракеты для систем ПРО
Missiles for the ABM Systems 169

Экспериментальные ракеты и проекты
Experimental Missiles and Projects 191

Зенитные управляемые ракеты нового поколения
New Generation of Air Defense Guided Missiles 203

Комплекс наземной отработки
Ground Testing Facilities 219

Технологии и производство
Technologies and Production 229

Календарь памятных дат МКБ “Факел”
History of the Fakel Engineering Design Bureau 235

В. Светлов – генеральный конструктор МКБ “Факел”

Vladimir Svetlov, General Designer

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО “ФАКЕЛ” ИМЕНИ АКАДЕМИКА П.Д. ГРУШИНА

FAKEL ENGINEERING DESIGN BUREAU NAMED AFTER ACADEMICIAN PYOTR D. GRUSHIN

Машиностроительное конструкторское бюро “Факел” вошло в историю ракетной техники не только как создатель лучших в мире зенитных управляемых ракет (ЗУР), которые первыми в мире уничтожили воздушного противника в реальных боевых условиях, но и как предприятие, которое первым в мире:

– создало технологии производства зенитных управляемых ракет, опиравшиеся на использование наиболее освоенных конструкционных материалов и на высокопроизводительные методы их обработки;

– внедрило в войска ряд унифицированных образцов ракетного оружия, идентичных по конструкции;

– претворило в жизнь концепцию гарантированной надежности при эксплуатации ракет.

Машиностроительное конструкторское бюро “Факел” (до 1967 г. – Особое конструкторское бюро № 2) было создано 20 ноября 1953 года Постановлением Совета Министров СССР и стало первым в нашей стране специализированным предприятием, разрабатывающим зенитные управляемые ракеты. С момента основания предприятия и в течение 38 лет им руководил выдающийся русский инженер, ученый, академик, основатель школы зенитного ракетостроения Петр Дмитриевич Грушин, чья гигантская подвижническая работа – выдающийся пример служения Отечеству.

Fakel Engineering Design Bureau has become a part of the missile engineering history not only due to its best in the world AD missiles, which were the first to destroy flying targets in real combat conditions, but also due to the fact that it is the first in the world enterprise to:

– apply the AD missile production technologies using the most popular and tested structural materials and highly efficient methods of their treatment;

– introduce into service several unified types of similarly designed missile weapons;

– put into practice the concept of guaranteed reliability in operation of missiles.

The Fakel Engineering Design Bureau was set up on November 20, 1953, under a Decree of the Council of Ministers of the USSR and became the first special-purpose enterprise in our country dealing with the development of AD missiles. Within the first 38 years of its existence Fakel was headed by Pyotr D. Grushin, an outstanding engineer, scientist, academician, a founder of a school of AD missile engineering, whose arduous and selfless work became a bright example of a man's service to his Motherland.

P. Grushin formed the collective of the enterprise, which in no time became the world leader in the development of AD missile systems. Nontraditional approach to achieving the most complicated R&D and engineering tasks, courageous and

---

Владимир Григорьевич Светлов

Родился 16 апреля 1935 г. в Москве. Закончил МВТУ им. Баумана (1958 г.), Институт управления народным хозяйством Академии народного хозяйства СССР (1981 г.).
С 1958 г., после окончания МВТУ им. Баумана, работает в МКБ “Факел” в должности мастера, инженера, старшего и ведущего инженера-конструктора , начальника цеха, главного инженера, главного конструктора. С 1991 г. генеральный конструктор – руководитель МКБ “Факел”. После преобразования предприятия в открытое акционерное общество – генеральный конструктор предприятия ОАО “Машиностроительное конструкторское бюро “Факел” им. академика П.Д. Грушина”.
Конструктор ракетной техники, ученый, специалист в области механики специального вооружения. Руководитель и участник разработки и испытаний ракетных комплексов. Автор научных трудов и изобретений по проблемам создания и совершенствования ракетной техники, автор монографий и учебных пособий для вузов, член авторского коллектива и редактор учебника для вузов “Проектирование зенитных управляемых ракет”, выпущенного двумя изданиями.
Доктор технических наук (1995 г.), профессор (2000 г.), лауреат Государственной премии СССР (1980 г.), Государственной премии РФ (1997 г.).

Vladimir Svetlov

Vladimir G. Svetlov was born on April 16, 1935 in Moscow. He graduated from the Bauman Moscow State Technical University (Russian acronym MVTU) in 1958, and from the Institute for National Economy Management of the USSR Academy of National Economy, in 1981.
Upon graduating from the Bauman University in 1958, Vladimir Svetlov worked at the Fakel Engineering Design Bureau as a supervisor, engineer, senior and leading design engineer, shop manager, chief engineer, chief designer. Since 1991, Vladimir Svetlov has been the General Designer and the Head of Fakel. Since the time when the Design Bureau became an open joint stock company, Vladimir Svetlov's official title has been General Designer of the Fakel Engineering Design Bureau named after Academician Pyotr D. Grushin.
Vladimir Svetlov is a missile designer and a scientist conducting research in the field of mechanics of special weapons. He supervised and personally participated in developing and testing several missile systems. Vladimir Svetlov is an author of publications and inventions related to the issues of developing and upgrading missiles, an author of monographs and textbooks for higher education institutions.
Professor Vladimir Svetlov is a Doctor of Engineering (1995), a Laureate of the *State Prize of the USSR* (1980) and *State Prize of the Russian Federation* (1997).

Под руководством П.Д. Грушина был сформирован коллектив предприятия, ставшего в кратчайшие сроки мировым лидером в создании зенитной ракетной техники. Нетрадиционные подходы к реализации сложнейших научно-технических и конструкторских задач, смелость и оригинальность принимаемых решений, обоснованность и продуманность всех элементов ракет – вот стиль работы сотрудников “Факела”.

Практически каждая из разработанных зенитных ракет являлась эпохой в развитии и совершенствовании этого вида техники.

Всего за время существования предприятия для Войск противовоздушной обороны, Сухопутных войск и Военно-морского флота было создано 23 типа ракетного оружия и проведено свыше 30-ти их модернизаций.

Ракетам, созданным “Факелом”, принадлежит мировой приоритет в уничтожении первых реальных воздушных противников. Ими стали высотный самолет-разведчик, сбитый 7 октября 1959 года в небе над Китаем, и первая боеголовка баллистической ракеты дальнего действия, уничтоженная 4 марта 1961 года. Громкую известность получило уничтожение ракетой “Факела” американского самолета-разведчика “Локхид” U-2 (с пилотом Фрэнсисом Пауэрсом) 1 мая 1960 года в районе Свердловска.

Разработанные на предприятии зенитные управляемые ракеты находились и находятся на вооружении 60-ти государств мира: России, Азербайджана, Албании, Алжира, Анголы, Армении, Афганистана, Белоруссии, Болгарии, Боснии и Герцеговины, Венгрии, Вьетнама, Германии, Греции, Грузии, Египта, Замбии, Индии, Индонезии, Иордании, Ирака, Ирана, Йемена, Казахстана, Кампучии, Кипра, Киргизии, Китая, КНДР, Кубы, Кувейта, Лаоса, Латвии, Ливии, Литвы, Македонии, Мали, Мозамбика, Молдавии, Монголии, Пакистана, Перу, Польши, Румынии, Сербии и Черногории, Сирии, Словакии, Словении, Сомали, Судана, Таджикистана, Танзании, Туркмении, Узбекистана, Украины, Финляндии, Хорватии, Чехии, Эстонии, Эфиопии.

В войнах и локальных конфликтах в Юго-Восточной Азии и на Ближнем Востоке, в Африке и Европе этими ракетами было сбито несколько тысяч самолетов, что сохранило жизнь сотням тысяч мирных жителей.

Выдающийся вклад МКБ “Факел” в создание высокоэффективных образцов ракетного оружия отмечен высшими государственными наградами – орденом Ленина (1958 год) и орденом Октябрьской Революции (1981 год).

В настоящее время к числу наиболее эффективных зенитных средств Российской армии и флота относятся созданные “Факелом” ракеты:

– для зенитных ракетных систем (ЗРС) войск ПВО – С-300П, С-300ПМ и их модификации;

– для системы противоракетной обороны Московского промышленного района – А-135 войск Ракетно-космической обороны (РКО);

– для зенитно-ракетных комплексов Сухопутных войск – “Тор” и “Тор-М1”;

nontraditional concepts, perfect substantiation for all elements of missiles – this is the style of work of the Fakel personnel.

Almost every AD missile developed by the enterprise symbolized a new era in development and modernization of this type of weapons.

During the period of its operation, the Fakel Engineering Design Bureau has developed 23 types of missile weapons and carried out more than 30 modernizations of missiles for the Air Defense, the Army and the Navy.

The Fakel-developed missiles were the first ones in the world to engage real air targets: a high-altitude spy aircraft was downed on October 7, 1959, in the airspace of China, and the first long-range ballistic missile warhead was destroyed on March 4, 1961. The destruction of the American Lockheed U-2 spy aircraft (piloted by Francis Powers) by a Fakel-designed missile on May 1, 1960, in the area of Sverdlovsk became a well-known event.

The AD missiles developed at the enterprise were and still are in service with the armies of 60 countries worldwide, including Russia, Azerbaijan, Albania, Armenia, Belarus, Georgia, Kazakhstan, Kirghizia, Latvia, Lithuania, Moldova, Turkmenistan, Tajikistan, Uzbekistan, Ukraine, Estonia, Albania, Hungary, Bulgaria, Bosnia and Herzegovina, Greece, Germany, Cyprus, Macedonia, Poland, Romania, Serbia and Montenegro, Slovakia, Slovenia, Finland, Croatia, the Czech Republic, Afghanistan, Vietnam, India, Indonesia, Yemen, Jordan, Iraq, Iran, Kampuchea, China, People's Democratic Republic of Korea, Kuwait, Laos, Mongolia, Pakistan, Syria, Algeria, Angola, Egypt, Zambia, Libya, Mali, Mozambique, Sudan, Somalia, Tanzania, Ethiopia, Cuba and Peru. These missiles have been employed in wars and local conflicts in the Middle East, South-East Asia, Africa and Europe; they have destroyed several thousand aircraft, thus saving the lives of hundreds thousand peaceful inhabitants.

For its great contribution to the development of highly efficient missile weapons, the Fakel Engineering Design Bureau was awarded the highest state awards – the *Order of Lenin* (1958) and the *Order of the October Revolution* (1981).

Nowadays, the following Fakel-developed missiles are among the most efficient AD means in service with the Russian Army and the Navy:

– S-300P, S-300PM and their modifications – designed for AD missile systems of the Air Defense Forces;

– A-135 antiballistic missiles of the Aerospace Defense Missile Forces for the ABM system of the Moscow industrial region;

– missiles for Tor and Tor-M1 AD systems in service with the Army;

– missiles for Rif, Rif-M and Klinok AD missile systems in service with the Navy.

These missiles embody the advanced achievements of missile engineering, as well as the principle of combination of research and top design concepts with modern technologies and achievements in the sphere of science of materials that is typical of the Fakel Engineering Design Bureau.

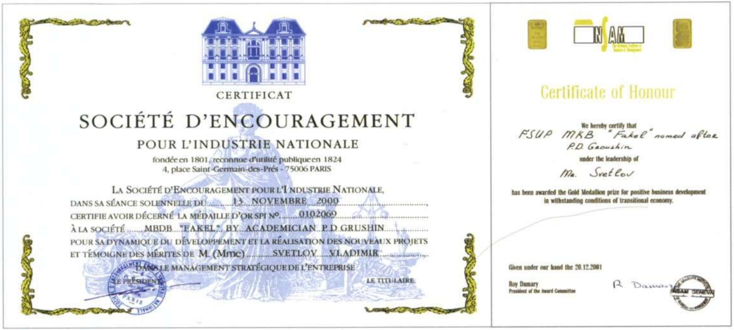
– для корабельных ЗРС и ЗРК – "Риф", "Риф-М" и "Клинок".

В этих ракетах воплощены наиболее передовые достижения ракетостроения, реализован характерный для МКБ "Факел" принцип сочетания научных исследований и инженерных решений высочайшего уровня с использованием современных технологий и достижений материаловедения.

Сейчас в МКБ "Факел" проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию ЗУР нового поколения, в том числе и для системы С-400, которые будут вести эффективную борьбу со всеми существующими и перспективными видами средств воздушного нападения.

Характерной чертой стиля сегодняшней работы МКБ "Факел" является обеспечение гарантированной надежности продукции. Ракеты, созданные на предприятии, не требуют обслуживания в течение всего гарантийного срока при эксплуатации в любых климатических условиях. Это достигнуто за счет использования наиболее прогрессивных технологий изготовления и всесторонней наземной отработки ракет с применением уникальных методик на многофункциональном испытательном комплексе. Средства этого комплекса, сертифицированного Госстандартом РФ и "Оборонсертификой", позволяют проводить 19 видов испытаний: статических, динамических, теплопрочностных, радиотехнических, климатических и прочих, в том числе и в ускоренном режиме.

Значительное место в структуре предприятия занимает опытное производство, которое оснащено всем необходимым оборудованием, станками, лабораториями, а также владеющее рядом передовых технологий. Среди них технологии: получения тонкостенных крупногабаритных конструкций при помощи штамповки взрывом; нанесения методом микродугового оксидирования уникальных по износостойкости защитных покрытий; высокоточного фасонного литья из черных и цветных металлов и сплавов, в том числе и из титановых сплавов; лазерной сварки, обеспечивающей создание высоконадежных сложных конструкций из различных металлов и сплавов;



CERTIFICAT

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE
fondée en 1801, reconnue d'utilité publique en 1824
4, place Saint-Germain-des-Prés - 75006 PARIS

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE,
DANS SA SÉANCE SOLENNELLE DU 13 NOVEMBRE 2000,
CERTIFIE AVOIR DÉCERNÉ LA MÉDAILLE D'OR SPI N° 0102069
À LA SOCIÉTÉ MBDB "FAKEL" BY ACADEMICIAN P.D GRUSHIN
POUR SA DYNAMIQUE DU DÉVELOPPEMENT ET LA RÉALISATION DES NOUVEAUX PROJETS
ET TÉMOIGNE DES MÉRITES DE M. (Mme) SVETLOV VLADIMIR
DANS LE MANAGEMENT STRATÉGIQUE DE L'ENTREPRISE

LE PRÉSIDENT
LE TITULAIRE

Certificate of Honour

We hereby certify that
FSUP MKB "Fakel" named after
P.D. Groushin
under the leadership of
Mr. Svetlov
has been awarded the Gold Medallion prize for positive business development
in withstanding conditions of transitional economy.

Given under our hand the 20.12.2001

Roy Damary
President of the Award Committee
R Damary
INSAM GENEVA

Сертификаты о награждении МКБ "Факел" Ассоциацией содействия промышленности (Франция) и Высшим Женевским Институтом Бизнеса (Швейцария)
Certificates of Industry Assistance Association (Societe d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, France) and Graduate Institute of Business and Management in Geneva

Currently, the Fakel Engineering Design Bureau experts are engaged in R&D work aimed at the development of a new generation of AD missiles (including the ones for the S-400 system), which will be very efficient against all existing and perspective types of air attack means.

Guaranteed reliability of products is a characteristic feature of the Fakel Engineering Design Bureau's current activities. The missiles that are designed and developed at the enterprise do not require maintenance throughout their entire service life in any climatic conditions. Such reliability is achieved due to the implementation of the advanced technologies, application of the unique methods at versatile ground testing facilities when manufacturing and comprehensively testing the missiles. This testing system has been certified by Russia's State Standards and the Oboronsertifika agency; it allows carrying out 19 types of tests such as static, dynamic, heat-resistant, radio engineering, climatic and others, including the accelerated ones.

The pilot production facilities occupy an important place in the structure of the enterprise comprising all necessary equipment, machines and laboratories. The advanced technologies that are implemented there include: manufacture of

Приз "За качество"
(Париж, 1996 г.)
Golden International
Europe Award
for Quality
(Paris, 1996)

Приз "За коммерческий
престиж"
(Мадрид, 1996 г.)
International Award
for Commercial Prestige
(Madrid, 1996)

Приз "Российский
Национальный Олимп"
(Москва, 2003 г.)
Russian National
Olympus Award
(Moscow, 2003)

ротационной вытяжки для изготовления тонкостенных цилиндрических и конических деталей из высокопрочных сталей и алюминиевых сплавов; изготовления деталей из неметаллических материалов с помощью прессования, литья и автоклавного вакуумного формирования.

Кроме того, в последние годы на предприятии созданы, изготовлены и испытаны опытные образцы различной продукции гражданского назначения. Это и универсальные бытовые деревообрабатывающие станки, и медицинское оборудование. Особую известность получили выпускаемые серийно машины для финишной отделки тканей в текстильной промышленности.

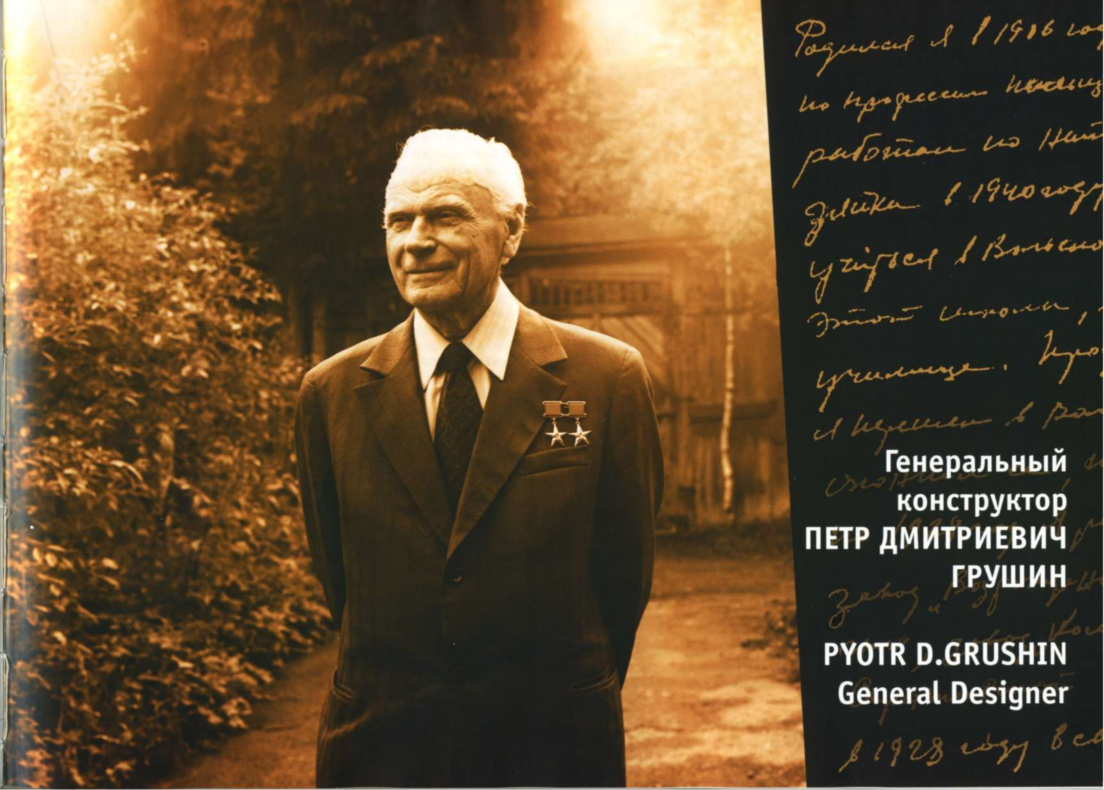
Российская академия наук, Правительство РФ, Торгово-промышленная палата РФ, Российский союз промышленников и предпринимателей, фонд развития "Третье тысячелетие" за выдающийся вклад в социально-экономическое развитие России присудили предприятию приз "Российский Национальный Олимп" за 2002 год.

За высокие достижения предприятие также отмечено международными наградами. От Клуба лидеров торговли это – приз "За качество" (Париж, 1996 год) и приз "За коммерческий престиж" (Мадрид, 1996 год). От Ассоциации содействия промышленности получена "Золотая медаль" (Париж, 2000 год), от Высшего Женевского Института Бизнеса – "Золотой медальон" (Женева, 2001 год).

thin-wall large-size constructions by explosive forming; employment of microarc oxidation technology for producing unique wear-resistant protective coatings; high-precision ferrous, nonferrous and alloy shape castings, including the titanium alloys shape casting; laser welding, which allows producing highly reliable complex constructions out of various metals and alloys; rotary drawing for manufacturing thin-wall cylindrical and conical components from high-strength steel and aluminum alloys; manufacture of components from nonmetal materials by extrusion, casting and autoclave vacuum moulding.

Besides, the enterprise has currently developed, manufactured and tested pilot items of civil-purpose products, including versatile household wood-working machines and medical equipment. The mass-produced fabrics finishing machines for the textile industry have become exceptionally popular.

For its major achievements, the Fakel Engineering Design Bureau was awarded several prizes. They include the *Award for Quality* (Paris, 1996) and *Award for Commercial Prestige* (Madrid, 1996) from the Trade Leaders Club, the *Gold Medal* (Paris, 2000) from the Industry Assistance Association (Societe d'Encouragement pour l'Industrie Nationale – SPI), *Gold Medallion* (Geneva, 2001) from the Graduate Institute of Business and Management in Geneva (INSAM) and *Russian National Olympus Award* (Moscow, 2003).



Генеральный конструктор ПЕТР ДМИТРИЕВИЧ ГРУШИН

PYOTR D.GRUSHIN
General Designer

Путь Петра Грушина к конструкторской славе был долгим и нелегким. Небольшой волжский городок Вольск, в котором он родился 15 января 1906 года, ничем не был знаменит. В начале века в нем, известном лишь судостроительным, цементным и пивоваренными заводами, об авиации и не слыхивали. Лишь в июле 1911 года прибыл в Вольск на "гастроли" победитель первого перелета Петербург-Москва Александр Васильев, аэроплан которого несколько минут покружил в воздухе "для почтеннейшей публики". Впрочем, гастрольный полет не оставил в памяти Грушина никаких воспоминаний. А вот о другой встрече с "большой" авиацией, состоявшейся в середине 1920-х, Грушин вспоминал часто.

– *В тот день я возвращался вечером с занятий, солнце еще не скрылось. И вдруг, гремит что-то в воздухе. Низко, над самыми крышами домов, пролетели три самолета и сели за городом,* – рассказывал Петр Дмитриевич. – *Не я один – все молодое население города напрямик, через заборы и огороды, рвануло к месту посадки. Прибежали, подошли к машинам. Никто нас не заругал. Наоборот, летчикам было забавно видеть наше волнение, разрешили, что называется, "потрогать" их самолеты...*

Петр Грушин, студент МАИ, 1932 г.
Pyotr Grushin, a student of MAI, 1932

Эта встреча оказалась для Грушина решающей. К тому времени за его плечами уже была учеба в школе, Вольском городском училище, профтехшколе имени Ильича. К своим двадцати годам он в совершенстве овладел слесарным делом, работал на различных станках, водил трактор. И в Вольске, и в соседних с ним Маркштадте и Энгельсе ему было где применить свои знания и умения, но Грушин уже не представлял дальнейшей своей жизни без самолетов.

Начав с простейших авиамоделей, Грушин вскоре стал среди друзей признанным авторитетом в вопросах авиации и авиамоделизма. Во время состязаний модели, созданные его руками, улетали дальше других.

Однако предпринятая Грушиным по-

The future academician's path to the state-of-the-art design work was similar to that of the majority of missile specialists of his generation. The delight with the first plane that he saw in the skies made him an enthusiast of aircraft and drove him to the model aircraft construction... For the first time in his life, Pyotr Grushin saw an aircraft not far from his home town of Volsk. A twenty-year-old youth, he had already become a good mechanic, fitter and tractor driver. He was conscious of his sudden passion to aircraft, and this passion remained with Grushin throughout his life. Therefore it was quite natural that he entered the Leningrad Polytechnical Institute in 1928, and two years later transferred to the Aviation Institute (MAI) that had just been set up in Moscow. He was an excellent student, a winner of numerous study contests that were quite popular in higher schools those days. His fellow students (later many of them became famous aircraft and missilery designers) got sometimes stunned by the sedulity and diligence of "the guy from the Volga". In fact, he got acquainted with the "sine – cosine" only at the age of 21, just before entering the institute.

At that time we flocked after the prominent scientists and designers: we were extremely anxious to learn as much as possible about our favorite research field, Pyotr Grushin recollected. A famous aircraft designer D. Grigorovich, a young but steadily growing designer S. Ilyushin and a well-known scientist B. Yuriev were among his instructors. They were the ones who turned their attention to Grushin's extraordinary research abilities, nonstandard thinking, gift for analysis and generalization, as well as his ability to make courageous decisions even contrary to the opinion of the prominent scientists. Persistence, energy, great diligence, complete self-devotion and faithfulness allowed Pyotr Grushin to become a designer of the most complex equipment within just a few years.

In the prewar years, Grushin's original concepts for test and experimental aircraft brought him popularity. Among them were: the record-breaking *Stal-MAI* plane made of stainless steel, aerodynamic tandem-design planes (the *Oktyabryonok* light-motor aircraft and *Sh-Tandem* attack aircraft), the first aircraft in the country equipped with retracting tricycle landing gear with nose strut (the *BB-MAI* bomber), and the Gr-1 twin-engine fighter. However, when the war was unleashed, Grushin had to abandon this sphere of research.

His new assignment was the Lavochkin Design Bureau in the city of Gorky. In the summer of 1942, the specialists of this bureau were putting the La-5 fighter into mass production. This time, Grushin's task was formulated in a precise military way: he had to ensure the series production of the fighter in no time. Already in the autumn of 1942, the first La-5 fighters were employed in the battles near Stalingrad, and on December 5, 1942, the Gorky Aircraft Manufacturing Plant reported about the beginning of mass production of the new fighters. In June 1943, Grushin was awarded the *Order of Lenin* for his participation in this work.

In the spring of 1943, Grushin was

пытка стать летчиком оказалась неудачной – в Самарское училище военных летчиков его не пропустила медкомиссия. Но вскоре Грушин получил направление райкома комсомола на учебу в Ленинград – в Политехнический институт, где в те годы было отделение подготовки инженеров для гидроавиации. На этот раз осечки не случилось, и осенью 1928 года Грушин стал студентом. Через два года, летом 1930-го, все отделение, на котором учился Грушин, перевели в Москву, в только что созданный Московский авиационный институт.

В те времена большинство будущих авиаинженеров училось с вдохновением – авиация не принимала людей равнодушных и безразличных. Но даже среди своих самых увлеченных сокурсников Грушин выделялся трудолюбием и глубиной изучения предметов. *"В те годы мы табунками бегали за маститыми учеными и конструкторами, стремясь узнать как можно больше о полюбившемся нам деле"*, – вспоминал Грушин свои студенческие годы. Его учителями и наставниками были известнейший авиаконструктор Д.П. Григорович, молодой, но уверенно набиравший тогда силу С.В. Ильюшин, ученый Б.Н. Юрьев... Опираясь на их опыт, Грушин сумел обрести свой собственный творческий почерк – научился смело отказываться от привычных решений, предлагая взамен хорошо продуманные новые, лучшие. И не случайно фамилия студента Грушина, передовика учебы из группы 182 постоянно упоминалась в институтской многотиражке "Пропеллер".

Незаурядным оказался и его дипломный проект легкомоторного самолета, над которым с начала 1932 года он работал вместе с друзьями-сокурсниками Дмитрием Бабадом и Афанасием Мараказовым. Проект под названием "Бригадный" был представлен ими на всесоюзный конкурс, проводившийся ЦК Осоавиахима. 13 октября 1932 года об итогах конкурса написала газета "Известия". В числе победителей значились Грушин, Бабад и Мараказов. Им была присуждена первая премия. Вторую на том конкурсе получил инженер Сергей Королев, разработавший самолет из легкого сплава электрон.

Грушин, окончивший Московский авиационный институт в мае 1932 года, вскоре был принят на работу в Бюро новых конструкций (БНК) Всесоюзного авиационного объединения. В этой организации, которую возглавлял француз Анри Лявиль, в то время создавался цельнометаллический двухместный истребитель ДИ-4. Однако дальше опытного образца дело не пошло, и в середине следующего года БНК было закрыто. В июле 1933 года, после недолгой работы на заводе 39 Московского ЦКБ, Грушин вернулся в МАИ. В "альма-матер" его пригласил на должность своего заместителя знаменитый авиаконструктор Д.П. Григорович, которому Грушин приглянулся, будучи еще студентом. Григорович тогда был перегружен сверх всякой меры: руководил конструкторским бюро, создававшим истребители, возглавлял в МАИ кафедру конструкции и проектирования самолетов, а также руководил

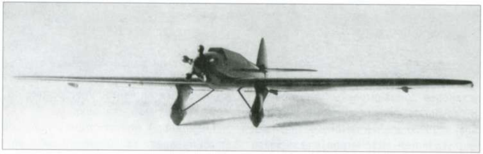
appointed chief engineer to the Aircraft Manufacturing Plant #381 in Moscow, where the production of Lavochkin fighters (the La-7) began. Due to Grushin's initiatives, a number of innovations were applied to the La-7 fighter that increased combat efficiency of this aircraft. The innovations included enforcement of the armament, cockpit hermetic sealing, etc.

After World War II, the specialists of the plant began preparatory works for series manufacture of the I-250 fighter (A. Mikoyan's and M. Gurevich's design) and pilot models of the La-150 jet fighter (S. Lavochkin Design Bureau).

In October 1946, Grushin started to work at the Ministry of Aircraft Building Industry, followed by his work at the Special Committee for Jet Engineering. In September 1948, Grushin returned to the Moscow Aircraft Institute (MAI) being appointed dean of the faculty for aircraft building, and later on, deputy head of the institute for research.

In the 1950s, Pyotr Grushin, who had been dreaming of aircraft designing throughout all his life, had to go in for quite another task: now he was to develop air defense guided missiles intended for the destruction of aircraft. World War II had demonstrated the great combat power of the aircraft. The fight against aircraft required the employment of qualitatively new measures, the guided missiles being among them. During WWII, similar work aimed at the development of missiles started in Germany, the USA and a number of other countries. However, the first results of that work were rather modest, and Grushin found himself at the cradle of one of the most complex weapons of the 20th century.

In June 1951, Grushin was appointed S. Lavochkin's deputy. At that time the Lavochkin Design Bureau was dealing with an extremely difficult and important task. The specialists of the bureau had to develop a missile for the first domestic S-25 *Berkut* AD missile system intended for the defense of Moscow. That work was carried out in no time, as it had taken place during the war. Joseph Stalin, who personally set the task, demanded that the AD missile should be ready in a year. The



Модель самолета "Бригадный" – победителя конкурса ЦК Осоавиахима, 1932 г.
Model of Brigadny aircraft – winner of the Osoaviakhim Central Committee competition, 1932

группой студентов и дипломников, проектировавших в МАИ цельностальной самолет. В этой группе, выросшей со временем в КБ МАИ, и начал работать Грушин, а создававшийся в КБ самолет стал его первой самостоятельной работой.

Оригинальность самолета, который предназначался для отработки сверхдальних перелетов и был своего рода дублером рекордного туполевского АНТ-25, заключалась прежде всего в материале конструкции – им была нержавеющая сталь. Она и определила название этого самолета – "Сталь-МАИ имени Якова Алксниса". Однако к моменту начала рекордных полетов АНТ-25 самолет не успел. Первый полет на нем был совершен лишь 19 сентября 1934 года, когда на АНТ-25 уже был установлен первый рекорд дальности полета. Естественно, что потребность в "Сталь-МАИ" отпала, к тому же при его пятом полете произошла авария – на взлете заглох мотор, и уже разогнавшийся самолет пришлось направить к находившейся на границе аэродрома куче песка. Экипаж, в составе которого был и Грушин, не пострадал, но самолет был основательно поврежден и больше не летал.

Следующей работой Грушина в МАИ стала модернизация самого массового самолета того времени – У-2, заключавшаяся в улучшении его аэродинамики, в установке дополнительных бензобаков. В результате, осовремененный У-2 прибавил 15-20 км/час в скорости и несколько сотен километров в дальности полета. Но продолжения эта работа не получила, как и ряд других попыток: затраты на выполнение переделок У-2 всегда оказывались значительно выше ожидавшегося экономического эффекта.

Рекордный самолет "Сталь-МАИ", 1934 г.
Stal-MAI record-breaking aircraft, 1934

Другая работа, проведенная Грушиным на У-2, заключалась в установке на самолет малогабаритной паровой турбины. Тогда им, совместно с двигателистами МАИ, был создан исследовательский стенд, на котором проводилась отработка основных элементов конструкции новой двигательной установки.

Настоящая же известность пришла к Грушину вместе с "Октябренком". Этот небольшой самолет был построен в МАИ летом 1936 года. Но еще до его построй-

missile appeared within the designated term, and its tests began. However, the development of its guidance and control system by the experts from the Design Bureau #1 (it was the parent enterprise for the S-25 system) took much more time. Actually, the Design Bureau #1 had to solve problems of a qualitatively different level. In fact, it required the creation of a practically new industry. Only on November 2, 1952, the first launch of the AD missile guided by commands from a ground guidance station took place at the Kapustin Yar range. On April 26, 1953, the first interception of a flying target (a Tu-4 bomber) was executed.

In late 1953, Pyotr Grushin got his next assignment, which turned out to be the last one. The Special Design Bureau #2 (later named the Fakel Engineering Design Bureau) became his new place of work and he was appointed chief designer. The site allocated for the new enterprise was situated in the outskirts of Khimki, a town in the suburbs of Moscow. This place was familiar to Grushin. It was the place where his *Oktyabryonok* light-motor aircraft had been tested before WWII, and at that site Grushin had been trained to fly aircraft at the MAI aeroclub.

ки разгорелись жаркие споры вокруг схемы “тандем”, предложенной Грушиным для “Октябренка”. Взявшись усовершенствовать популярную в те годы “летающую блоху” француза Анри Минье, Грушин предложил для своего самолета именно схему “тандем”. Рассудить, правильно ли выбрано решение, мог только полет. И 23 октября 1936 года “Октябренка” поднял в воздух один из известнейших летчиков-испытателей того времени – Александр Жуков. А через неделю “Октябренок” победно прожужжал своим 27-сильным мотором в небе над МАИ. Споры о неэффективности подобного “тандема” стихли сами собой.

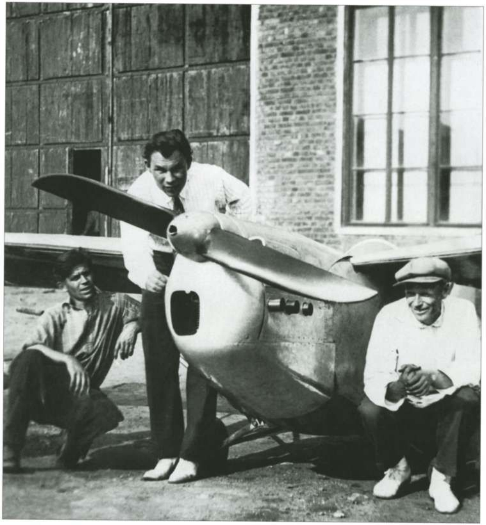
Несколько лет “Октябренок” был своего рода символом МАИ, его на грузовике возили в составе колонны института во время праздничных демонстраций на Красной площади, а в 1938 году один из его полетов на Тушинском авиационном празднике был специально снят для кинохроники.

Успех “Октябренка” позволил Грушину приступить к созданию боевого самолета подобной схемы. По замыслу конструктора, он должен был представлять собою скоростной небронированный штурмовик. Такая идеология вполне соответствовала времени. В те годы у многих военных специалистов пользовалась популярностью теория о безопасности атак на наземные цели с большой скоростью, на малой высоте, с пикирования. Кроме тандемной схемы, отличительной особенностью грушинского штурмовика стала размещенная в хвостовой части “Тандема-МАИ” (самолет также назывался МАИ-3 и “Ш-тандем”) башня стрелка, которая обеспечивала оборону всей задней полусферы. Отличался самолет и высокой технологичностью, благодаря которой он был в кратчайшие сроки изготовлен в мастерских МАИ.

Первый вылет “Тандема-МАИ” состоялся 5 декабря 1937 года, и в течение следующего года самолет прошел всю положенную программу испытаний, подтвердив при этом высокие характеристики. Однако испытатели отметили и ряд недостатков штурмовика-тандема. Второй экземпляр “Тандема-МАИ”, на котором большинство из недостатков первой машины было устранено и, кроме того, предполагалось установить убирающуюся носовую стойку шасси, так и не был построен.

Опыт, полученный в ходе работ над штурмовиком, был вскоре использован Грушиным при создании следующего самолета – ББ-МАИ. Он предназначался для использования в качестве ближнего бомбардировщика, имел цельнодеревянную конструкцию и убирающуюся носовую стойку шасси. Увы, ББ-МАИ оказался на редкость невезучим. Затянувшаяся постройка привела к тому, что его первый полет состоялся лишь в декабре 1940 года, когда у ВВС интерес к этому самолету был утрачен. Самого Грушина к тому времени назначили главным конструктором КБ Харьковского авиазавода 135, а КБ МАИ, выполнявшее в течение нескольких лет роль “питомника” будущих инженеров и конструкторов, было закрыто.

Основной задачей, стоявшей перед



Петр Грушин (справа) около самолета “Октябренок”, 1936 г.
Pyotr Grushin (right) beside his Oktyabryonok airplane, 1936

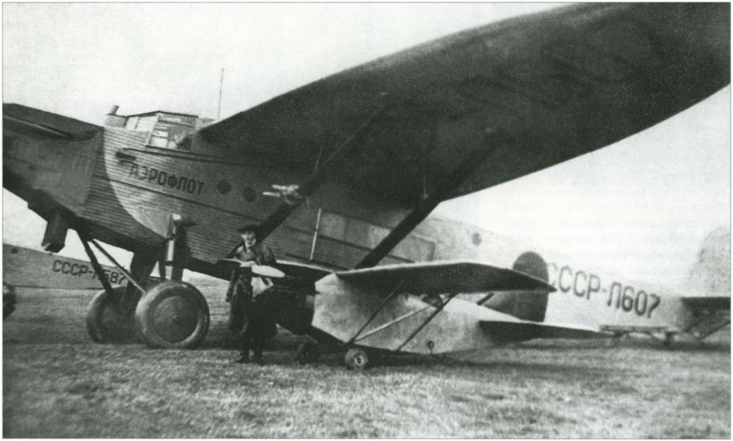
The new assignment had a reverse side – Grushin virtually disappeared from sight of aircraft specialists and aviation experts. The cause entrusted to Grushin required incredible secrecy. Even his name became one of the country’s top secrets and was no longer associated with progress in science and technology. Till

Грушиным в Харькове, было обеспечение на 135-м заводе серийного выпуска самолетов ББ-1 – будущих ближних бомбардировщиков Су-2. Одновременно его новое КБ взялось за создание дальнего одноместного истребителя сопровождения ДИС-135 (Гр-1). Аналогичные работы велись тогда целым рядом организаций, в том числе КБ Н.Н. Поликарпова и А.И. Микояна. Благодаря предложенной Грушиным форме организации работ, напоминающей популярный много позже хозрасчет, харьковчане оказались в числе лидеров. Их самолет в середине июня 1941 года был готов к первому полету. Но из-за начавшейся войны его перевезли для испытаний в подмосковный Летно-исследовательский институт (ЛИИ).

the late 1980s, all articles about Grushin published in encyclopedias and dictionaries had the same ending: *further on he carried out independent and very successful work.*

Certainly, Grushin possessed a good basis for forming his collective. Its backbone comprised the missile engineering experts from the Moscow Engineering Bureau #1 (it became the main "customer" for missiles from Grushin's Design Bureau), and the personnel of M. Bisnovat Special Design Bureau #293 that had occupied that site in Khimki till 1953. Among the experts who were the first to develop missiles in the new design bureau there were many prominent designers, engineers, managers, such as D. Tomashevich, N. Zyrin, Ye. Krinetsky, V. Yelagin and G. Bolotov. There also were such experts as Ye. Afanasyev, G. Bondzik, whose talent and abilities began to flourish during their work in Grushin's bureau. Every year, young experts who graduated from the best institutes of our country that specialized in training missile engineers came to this top secret organization. Actually, from its first day, the Special Design Bureau #2 became very popular among the graduates being their prior choice for future work, and only the best and the most talented ones were invited to work there. Later on, many young specialists became colleagues of their teacher and supervisor. Together with Pyotr Grushin they devoted themselves to the chosen path. The future chief designer V. Kolyaskin and general designer V. Svetlov began their missile engineering career in Grushin's "school".

The development of the 1D missile for the mobile S-75 AD missile system of the Design Bureau #1 became the starting point for the Special Design Bureau #2. Later, these missiles became a kind of a symbol for Grushin's Design Bureau. The following factors predetermined the future



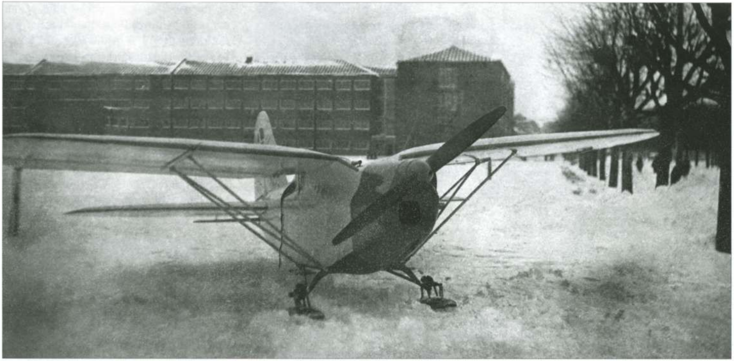
Петр Грушин на Тушинском аэродроме перед показательным полетом "Октябренка", 1938 г.
Pyotr Grushin at the Tushino aerodrome before demonstration flight of the Oktyabryonok airplane, 1938

Там, при запуске одного из его моторов, самолет был поврежден и его пришлось эвакуировать на Урал, в Пермь, куда к тому времени уже был переведен Харьковский авиазавод. Но и в Перми подготовить Гр-1 к полетам не удалось – в январе 1942 года завод расформировали.

Новым назначением Грушина стало КБ С.А. Лавочкина, работавшее в Горьком. Там летом 1942 года начинали запускать в серию истребитель Ла-5. Задача, поставленная перед Грушиным на этот раз, была сформулирована по-военному четко – обеспечить скорейший серийный выпуск этих истребителей. И уже осенью 1942 года первые Ла-5 приняли участие в боях под Сталинградом, а 5 декабря 1942 года Горьковский авиазавод отрапортовал о начале массового выпуска новых истребителей. Роль Грушина в этой работе в июне 1943 года была отмечена орденом Ленина.

Весной 1943 года Грушина перевели в Москву главным инженером на 381-й авиационный завод, где также разворачивался выпуск истребителей Лавочкина – Ла-7. Здесь по инициативе Грушина на истребителях Ла-7 был внедрен ряд новшеств, что позволило увеличить боевую эффективность этих самолетов: было усилено вооружение, проведены работы по герметизации кабины пилота, сделаны и другие усовершенствования.

В первые послевоенные годы на 381-м заводе развернулась подготовка к серийному изготовлению истребителя И-250 (конструкции А.И. Микояна и М.И. Гуревича) и опытных образцов реактивного истребителя КБ С.А. Лавочкина – Ла-150.



"Октябренок" в МАИ, 1940 г.
Oktyabryonok airplane in Moscow Aircraft Institute, 1940

В октябре 1946 года Грушин перешел на работу в Министерство авиационной промышленности, потом трудился в Спецкомитете по реактивной технике. В сентябре 1948 года Грушин вновь вернулся в МАИ, став деканом самолетостроительного факультета, а затем и проректором института по научной работе.

В пятидесятые годы Грушину, всю жизнь мечтавшему о создании самолетов, пришлось заняться делом совершенно противоположным – разработкой зенитных управляемых ракет, предназначавшихся для уничтожения самолетов.

versatile employment of Grushin's missiles: maximum efficiency of missiles at their minimal cost and simplicity in operation; reasonable amalgamation of the new and traditional creative ideas; employment of production technologies on the basis of the most popular and tested construction materials as well as highly efficient methods of their treatment.

The first AD missile of the Special Design Bureau #2 was adopted for service in December, 1957. In a year, its designers received high awards: Grushin was honored as a *Hero of Socialist Labor*, the Special Design Bureau #2 was awarded the *Order of Lenin*, and dozens of employees received orders and medals. On December 30, 1958, the USSR highest officials N. Khrushchev and L. Brezhnev visited the enterprise for the presentation of awards.

Unlike many other missiles that "received awards" during those years, the 1D missile and its modifications remained in service for a long time. The missile's first combat launch took place on October 7, 1959, when it downed a high-altitude spy aircraft in the airspace of China.

Петр Грушин, 1940-е гг.
Pyotr Grushin, 1940s

Вторая мировая война продемонстрировала огромную боевую мощь авиации. Борьба с самолетами потребовала применения качественно новых средств, в том числе и управляемых ракет. Тогда же развернулись работы по их созданию в Германии, США, ряде других стран. Однако первые результаты были весьма скромными, а потому Грушин оказался практически у истоков создания этого вида оружия XX века – одного из наиболее сложных.

В июне 1951 года Грушина назначили первым заместителем С.А. Лавочкина. В то время КБ Лавочкина занималось крайне сложным и ответственным делом: создавало ракету для первой отечественной зенитной ракетной системы С-25 "Беркут", предназначавшейся для обороны Москвы. Работа велась в темпе, едва ли не более высоком, чем в военные годы. Сталин, лично поставивший задачу летом 1950 года, потребовал, чтобы "ракета для ПВО была сделана за год". И ракета появилась именно в эти сроки. Начались ее испытания. Однако создателям системы ее наведения и управления из КБ-1 – головной организации С-25 – потребовалось значительно больше времени. Проблемы, вставшие перед КБ-1, оказались качественно иного уровня и потребовали, по сути дела, создания практически новой отрасли промышленности. Лишь 2 ноября 1952 года на полигоне Капустин Яр состоялся первый пуск зенитной ракеты, управлявшейся по командам наземной станции наведения, а 26 апреля 1953 года был осуществлен первый перехват цели – бомбардировщика Ту-4.

Свое очередное и оказавшееся последним назначение Петр Грушин получил в конце 1953 года. Новым местом работы стало Особое конструкторское бюро № 2 (позже – МКБ "Факел"). Должность: главный конструктор – начальник ОКБ. Место, выделенное новой организации на окраине подмосковных Химок, Грушину было хорошо знакомо. Здесь еще до войны летал его "Октябренок", здесь и сам он учился летать в аэроклубе МАИ.

У нового назначения имелась и оборотная сторона – отныне он практически исчез из поля зрения авиационных специалистов и знатоков авиации. Дело, по-

As for the first target in the skies of our country destroyed by the missile (on November 16, 1959, near Volgograd), it was one of the American spy balloons flying at a height of 28 km. However, these episodes were not so popular as the incident that took place near Sverdlovsk on May 1, 1960.

Suddenly I heard a sound of indistinct explosion and saw an orange light. The plane suddenly bent its nose forward and, as it seemed to me, its wings and tail unit broke off. Oh my God, my plane was hit! I do not know in what position my plane was falling, but the only thing I could see was the sky, recollected Francis Powers, the pilot of the American Lockheed U-2 spy aircraft, describing his encounter with the missile.

And this is how Pyotr Grushin commented on the incident: *Actually, Powers was lucky. The missile was launched in pursuit of his aircraft, not towards it. Therefore, upon reaching the target it exploded, and the fragments of its warhead damaged the plane. But the engine served as a shield and protected the cockpit, which was in the front part of the aircraft, so the pilot was able to stay alive.*

Петр Грушин с женой Зинаидой Захаровной Жевагиной
Pyotr Grushin with his wife Zinaida Z. Zhevagina

рученное Грушину, требовало принятия именно таких мер секретности. Даже его имя стало одним из самых больших секретов страны и более не связывалось с успехами ее науки и техники. Вплоть до конца 1980-х информация о Грушине в энциклопедиях и словарях заканчивалась словами о том, что “далее он работал самостоятельно и с большим успехом”.

Создавая коллектив своего КБ, Грушин начинал, конечно, не с целины. Его основу составили специалисты-ракетчики из московского КБ-1, ставшего основным “заказчиком” ракет нового конструкторского бюро, а также работники ОКБ-293 М.Р. Бисновата, располагавшегося на этой химкинской территории до зимы 1953 года. Среди специалистов, сделавших первые шаги в деле создания ракет в новом КБ, было много уже известных конструкторов, инженеров, организаторов производства – таких, как Д.Л. Томашевич, Н.Г. Зырин, Е.И. Кринецкий, В.Н. Елагин, Г.Е. Болотов. Немало было и таких, как Е.И. Афанасьев, Г.Ф. Бондзик, чьи таланты и способности полностью раскрылись в работе здесь. И каждый год в совершенно секретную организацию приходили молодые специалисты, заканчивавшие лучшие институты страны, где в те годы велась подготовка инженеров-ракетчиков. Буквально с первого дня работы ОКБ-2 получило приоритет в их выборе, поэтому попадали сюда лишь самые лучшие и талантливые. Очень многие молодые специалисты стали со временем соратниками своего учителя и руководителя. Как и П.Д. Грушин, они полностью отдавали себя

Grushin’s missiles had to encounter the U-2 aircraft several times – in the airspace of Cuba, China and Vietnam. As a rule, the victories were won by the missiles.

In Vietnam they had to encounter not only the U-2 aircraft. According to the plans of the transatlantic strategists, the war that was unleashed there in the summer of 1964, was supposed to become one of the triumphs of the American weapons, the Air Force in particular. American pilots were designated the task “to bomb the Vietnamese till they were back to the Stone Age.” And they were successfully carrying out that task, at least until the Soviet AD missiles appeared in Vietnam. The first duel of the S-75 missile system with the American *Phantom* aircraft on July 24, 1965, started the unprecedented military competition. It was the competition that resulted in over a thousand downed American planes, as well as in the consent of America to give up massive bombings in Vietnam and start the negotiating process.

By the end of that war, the new S-125 missile system equipped with missiles developed by Grushin’s Design Bureau appeared in Vietnam. Featuring small size and weight, they were not only adopted for service with the ground AD units, but also became one of the basic means of the ship-based AD systems. Grushin used to strive for increasing the number of customers for his missiles. Developing any type of missiles he estimated the possibilities for their employment with the naval or ground forces. That is why

Петр Грушин и авиационный конструктор Артем Микоян, 1968 г.
Pyotr Grushin and aircraft designer Artyom Mikoyan, 1968

порученному делу. Именно в грушинской "школе" начинали свой путь в ракетостроении будущий главный конструктор В.В. Коляскин и генеральный конструктор В.Г. Светлов.

Первой "пробой пера" для ОКБ-2 стала разработка ракеты 1Д для создававшейся в КБ-1 передвижной зенитной ракетной системы С-75. Эти ракеты со временем стали своего рода визитной карточкой КБ Грушина. Максимально высокая эффективность ракет при их минимальной стоимости и простоте в эксплуатации; разумное сочетание оригинальных решений с уже хорошо зарекомендовавшими себя; реализация технологий изготовления с опорой на наиболее ходовые, освоенные конструкционные материалы и высокопроизводительные методы их обработки – все это предопределило будущую многотиражность ракет Грушина.

Первая зенитная ракета ОКБ-2 была принята на вооружение в декабре 1957 года. А через год ее создатели получили высокие награды: Грушину было присвоено звание Героя Социалистического труда, ОКБ-2 наградили орденом Ленина, десятки работников предприятия получили ордена и медали. Специально для вручения наград 30 декабря 1958 года на предприятие приехали руководители страны Н.С. Хрущев и Л.И. Брежнев.

В отличие от многих других ракет, "награжденных" в те годы, ракете 1Д и ее модификациям была уготована многолетняя боевая служба. Ее первый боевой пуск состоялся 7 октября 1959 года – в небе над Китаем ею был сбит высотный самолет-разведчик. А первую цель в

Петра Грушина с 75-летием поздравляет маршал артиллерии Павел Кулешов , 1981 г.
Marshal of Artillery Pavel Kuleshov congratulating Pyotr Grushin on his 75th anniversary, 1981

Рабочее совещание. Петр Грушин второй слева, 1993 г.
Working meeting. Pyotr Grushin is the second on the left, 1993

небе своей страны ракета настигла 16 ноября 1959 года около Волгограда – ею оказался один из американских разведывательных воздушных шаров, летевший на высоте 28 км. Однако эти эпизоды, при всей своей известности, конечно ни в какое сравнение не идут с событием, которое произошло 1 мая 1960 года у Свердловска.

"Неожиданно я услышал глухой взрыв и увидел оранжевое сияние. Самолет вдруг наклонился вперед носом и, кажется, у него отломились крылья и хвостовое оперение. Господи, в меня попали!.. Точно я не знаю, в каком положении падал мой самолет, я видел во время падения только небо...", – так об этой встрече с ракетой рассказывал пилотировавший самолет-шпион "Локхид" U-2 американский летчик Фрэнсис Пауэрс.

А так говорил об этом случае Петр Дмитриевич Грушин:

– Пауэрсу в общем-то повезло. Ракета была пущена вдогон, а не навстречу. Поэтому, когда она настигла цель и взорвалась, осколки ее боевой части повредили самолет, но двигатель, словно щит, заслонил кабину пилота, размещенную в носовой части машины, и летчик остался жив.

С разведчиками U-2 грушинским ракетам пришлось столкнуться еще не раз – в небе над Кубой, Китаем, Вьетнамом. Победа, как правило, оставалась за ракетой.

Но во Вьетнаме им довелось столкнуться не только с U-2. Начавшаяся там летом 1964 года война, по замыслу заокеанских стратегов, должна была стать очередным триумфом американского оружия, и прежде всего – авиации. Перед американскими летчиками была поставлена задача "вбомбить вьетнамцев в каменный век". И она успешно выполнялась, во всяком случае, до тех пор, пока на вьетнамской земле не появились советские зенитные ракеты. Уже первый

the history of his missiles includes their employment in several "hot spots", including the countries of the Middle East, South-East Asia, Africa and Europe. It was in the airspace of Yugoslavia that Grushin's missile destroyed one of the notorious American F-117A Stealth aircraft in March, 1999.

Having a great talent of a designer and engineer Grushin also possessed a unique intuition. It allowed him to confidently counter the traditional points of view, to advance and lead the employees of his own and some other design bureaus towards the implementation of original ideas.

Grushin's achievements in the development of missile weapons were constantly marked with the highest awards. In the winter of 1966, he was elected a member of the CPSU Central Committee; in July 1966, he became a Full Member of the Academy of Sciences of the USSR. Within those years he turned out to be the only designer of military equipment who was promoted to such a high rank. This high recognition of his personal contribution gave him considerable advantages, and Grushin used them for achieving higher results in his work. His missiles designed in the 1960s for the S-200 AD system, Osa self-propelled system and Shtorm and Osa-M ship-based systems became important components of the Army, the Navy and the Air Defense of the country for

Петр Грушин среди конструкторов МКБ "Факел", 1993 г.
Pyotr Grushin with the Fakel's designers, 1993

поединок С-75 с американскими "Фантомами", состоявшийся 24 июля 1965 года, положил начало невиданному доселе военному соревнованию. Соревнованию, главным результатом которого стали не только тысячи сбитых американских самолетов, но и то, что американцы были вынуждены отказаться от массированных бомбардировок Вьетнама и сесть за стол переговоров.

К концу той войны на вьетнамской земле появился новый ракетный комплекс С-125, также оснащенный ракетами, созданными в КБ Грушина. Отличавшиеся небольшими размерами и массой, они стали не только частью наземных систем ПВО, но и одним из основных средств корабельной противовоздушной обороны. Грушин всегда стремился расширить круг заказчиков своих ракет. Создавая любую из ракет, он оценивал возможности их использования на кораблях или в Сухопутных войсках. Именно поэтому столь насыщенны биографии его ракет, которым всегда хватало "горячих точек": в Юго-Восточной Азии, на Ближнем Востоке, в Африке или Европе. Именно в небе Югославии в марте 1999 года ракета Грушина поставила точку в судьбе одного из пресловутых американских самолетов-"невидимок" – F-117A.

Имея огромный талант конструктора и инженера, Грушин обладал еще и уникальной интуицией. Она позволяла ему уверенно идти против установившихся воззрений, смело двигаться вперед и направлять коллектив своего (и не только своего) конструкторского бюро на реализацию оригинальных идей.

Успехи Грушина в создании ракетного оружия постоянно отмечались самыми высокими наградами. Зимой 1966 года он был избран членом ЦК КПСС, в июле того же года стал академиком АН СССР. В те годы он оказался единственным из разработчиков военной техники, достигшим столь высокого звания. Высокое признание его личного вклада давало немалые преимущества, которые Грушин максимально использовал для достижения успехов в своем деле. Его ракеты для комплексов ПВО С-200, самоходного комплекса "Оса" и корабельных комплексов "Шторм" и "Оса-М", созданные в 60-х годах, в течение нескольких десятилетий были важными составляющими ПВО страны, ее армии и флота. В те же годы ракеты Грушина стали частью системы противоракетной обороны Москвы и Московского промышленного района. Их уникальные качества во многом предопределили направления работ по созданию нового поколения зенитных ракет.

От нового поколения ракет Грушина, разработка которых началась во второй половине 60-х годов, потребовались не просто более высокие характеристики, но и новые возможности. Эта работа, на которую ушло почти пятнадцать лет жизни конструктора, стала поистине высочайшим взлетом Грушина, в очередной раз заставившим замереть в изумлении весь "ракетный мир".

Ракета, получившая обозначение 5В55, предназначалась для использования в составе наземных и корабельных зенитных ракетных систем нового поколения, объединенных обозначением С-300.

Петр Грушин, 1986 г.
Pyotr Grushin, 1986

several decades. In the same years, Grushin's missiles became a part of the ABM system of Moscow and the Moscow industrial region. Their unique features have to a large extent predetermined the main trends of activities in the development of AD missiles of the new generation.

There was a strong demand that the new generation of Grushin's missiles, which were under development in the second half of the 1960s, had to feature not only better characteristics, but the new capabilities as well. This work took almost fifteen years of Grushin's life and became his highest achievement, which amazed the entire "missile world" once again.

The 5V55 missile was designed for employment with the ground and ship-based AD missile systems of the new generation, designated S-300. Along with the solution of technical questions, the development of such missile put forward the unprecedented requirements concerning the missile maintenance by the minimum number of personnel and equipment, depreciation of its in-service period. Missiles were supposed to become real "cartridges" for the AD systems in the true sense of the word – without any privileges such as scheduled maintenance, special storage conditions, storage temperature and humidity, which previously had been provided for the missiles regarded as special and complicated technical items.

Once again, Grushin refused the traditional approaches and made a brave decision. By that time, he had already formed his own "school" – the team of the like-minded experts possessing unique experience in missile engineering. The work of that team could result only in a victory. In fact, Grushin was not entitled to any other results.

The missile for the S-300 system has incorporated the most perspective concepts, technologies of designing and manufacture. Due to this missile, the employment of modern computers has become the usual practice in the process of missile designing. Grushin was very much interested in the computers and paid constant attention to them. He used all possible ways to provide the designers and engi-

Ее создание вывело на первый план не только технические характеристики, но и неведомые ранее требования по ее обслуживанию минимальной численностью персонала и количеством оборудования, по снижению стоимости ее жизненного цикла. Ракеты не только на словах должны были стать "патронами" в составе комплексов. Они должны были стать патронами в прямом смысле этого слова – не требующими для себя никаких льгот в виде регламентных проверок, комфортных условий хранения, температур, влажности, которые прежде полагались им как особо сложным техническим изделиям.

Здесь вновь потребовались отказ от привычного и смелость в выборе решений. Но к этому времени у Грушина уже была "школа" – команда единомышленников, владевшая уникальным опытом ракетных дел. И результатом работы этой команды могла быть только победа. На другой результат Грушин права не имел.

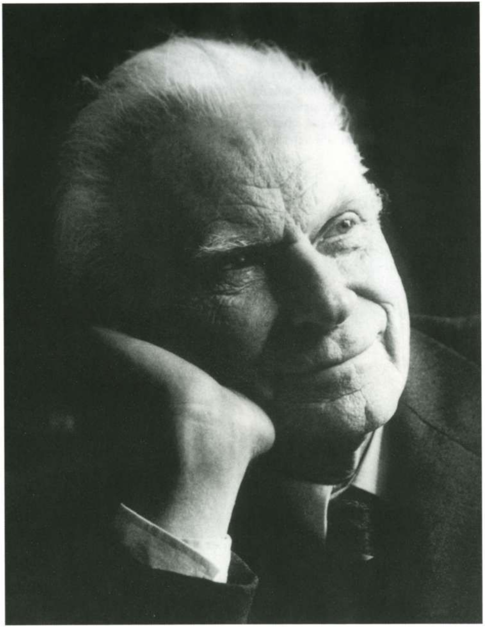
Ракета для С-300 вобрала в себя самые перспективные решения, технологии проектирования и производства. Именно с нее в практику проектирования ракет вошли современные ЭВМ. Грушин был буквально увлечен ими, уделял им постоянное внимание. Всеми доступными для него способами он добывал необходимые проектировщикам и конструкторам ЭВМ, которые со временем стали основой для систем автоматизированного проектирования и позволили в кратчайшие сроки "просчитывать" тысячи различных вариантов создававшихся ракет. Еще одним принципиально новым направлением в работе "Факела" стало внедрение уникальной комплексной системы наземной отработки ракет...

За создание ракеты для С-300 Грушин в 1981 году был во второй раз удостоен звания Героя Социалистического труда. А свою последнюю награду – седьмой орден Ленина – Грушин получил

neers with necessary computers that in the course of time formed the basis for the automated design systems and enabled designers "to estimate" thousands of options of missile development within the shortest period of time. An introduction of a unique comprehensive system of missile ground testing became another fundamentally new aspect of the Fakel Engineering Design Bureau activities...

In 1981, for the development of the S-300 missile Grushin was honored as a *Hero of Socialist Labor* for the second time. In 1986, for the development of the 9M330 missile he received his last award – his seventh *Order of Lenin*. This missile is employed by the Tor self-propelled missile

Дом юного техника в подмосковных Химках, 1990 г.
House of Young Technicians in the town of Khimki, 1990



в 1986 году за создание ракеты 9М330. Использующие ее самоходный комплекс "Тор" Сухопутных войск и корабельный "Клинок" и сегодня не имеют аналогов в мире.

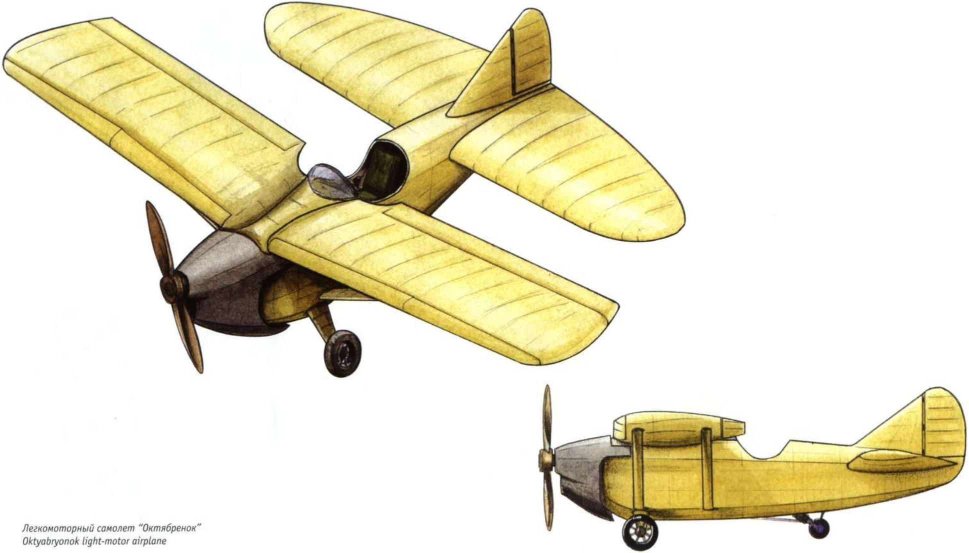
За свою жизнь Петр Дмитриевич Грушин сделал невероятно много для сохранения безопасности неба нашей страны и шестидесяти других стран мира. По меркам бурного XX века Грушин прожил невероятно долгую жизнь – почти 88 лет. И сорок из них было отдано "Факелу", ставшему под его руководством одной из ведущих ракетных фирм мира.

Целиком погруженный в работу, он все же оставался при этом человеком земным – с чрезвычайно широким кругом интересов, очень чутким и ранимым, умеющим видеть вокруг себя живых людей. Именно поэтому после Грушина остался не только "Факел". Еще в середине 80-х годов всей стране стал известен неординарный поступок Грушина, который отдал накопленные им в течение нескольких десятилетий "академические" сбережения на постройку в Химках Дома юных техников. *"Этим я отдал дань своему юношескому увлечению – авиамоделизму, и очень хочу, чтобы у молодых химчан появилось достойное место для подобных занятий"*, – так прокомментировал Грушин свое решение. И сегодня имя Грушина неотъемлемо не только от названия возглавлявшегося им предприятия, но и от "Петродворца", как неформально нарекли жители Химок Дом юных техников в память о выдающемся конструкторе и незаурядном человеке Петре Дмитриевиче Грушине.

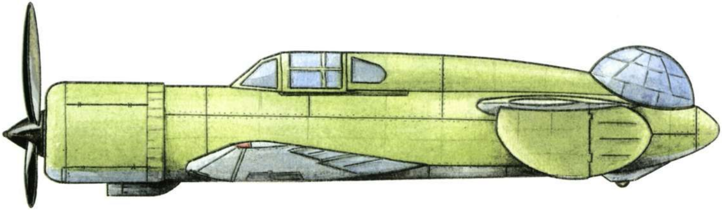
system (the Army) and the Klinok ship-based missile system that still have no analogs in the world.

Throughout his life Pyotr Grushin made an incredible contribution to the air protection of our country and sixty other countries of the world. Under the standards of the rough 20th century, Grushin's life was incredibly long – almost 88 years. Out of them, 40 years were given to the Fakel Engineering Design Bureau that under his guidance became one of the leading missile designing enterprises of the world.

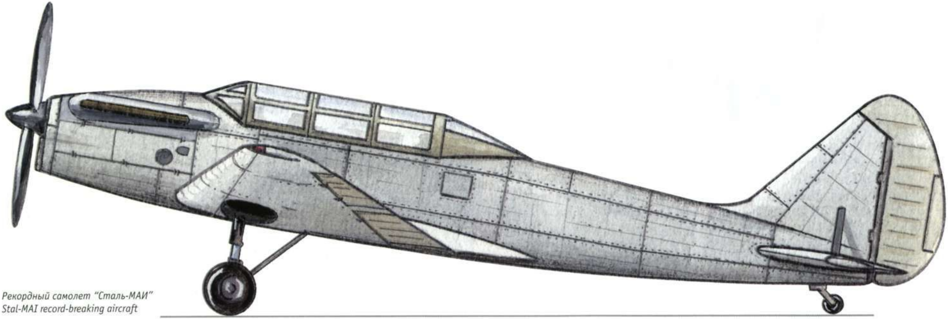
Even being entirely absorbed in his work, Grushin remained a person with extremely broad interests; he was a very sensitive and vulnerable person able to notice the people who surrounded him. That is why the Fakel Engineering Design Bureau is not the only enterprise that remained after Grushin. In the middle of the 1980s, the whole country became aware of Grushin's golden deed – he gave all his "academic" savings (earned during several decades) for the construction of the House of Young Technicians in the town of Khimki. *That was my tribute to the hobby I had when I was a young man – aircraft modeling, and I want the youth of the town of Khimki to have a proper place for similar activities*, Grushin commented on his decision. Today Grushin's name is inseparable not only from the title of his design bureau, but also from that of the House of Young Technicians informally named by the inhabitants of Khimki as *Petrodvorets* (*Peter's Palace*) in memory of Pyotr Dmitriyevich Grushin, an outstanding designer and an exceptional person.



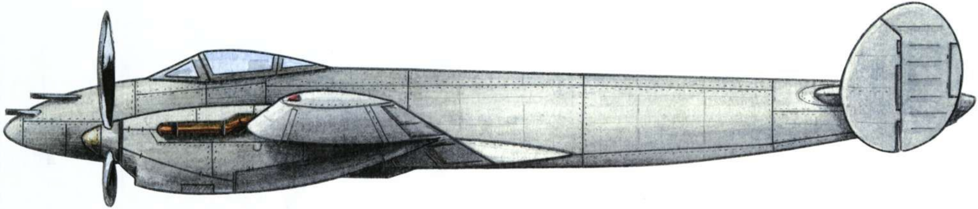
Легкомоторный самолет "Октябренок"
Oktyabryonok light-motor airplane



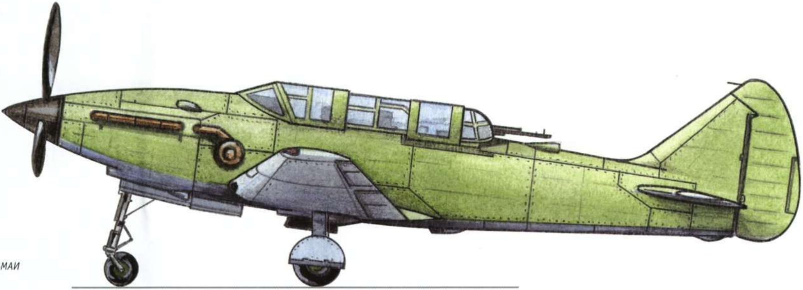
Самолет-штурмовик "Ш-тандем"
Sh-Tandem attack aircraft



Рекордный самолет "Сталь-МАИ"
Stal-MAI record-breaking aircraft



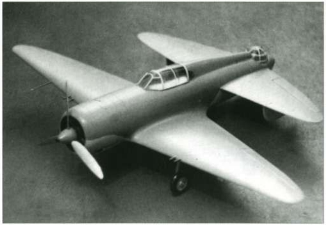
Дальний истребитель сопровождения "Гр-1"
Gr-1 long-range escort fighter

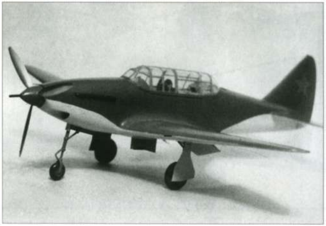


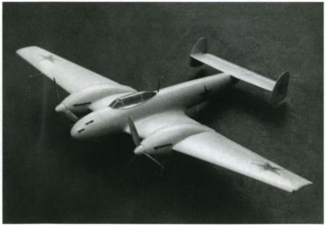
Ближний бомбардировщик ББ-МАИ
BB-MAI short-range bomber

Характеристики самолетов, разработанных с участием и под руководством П.Д. Грушина
Aircraft Designed with Participation and Under Supervision of Pyotr D. Grushin (Basic Characteristics)

Название	Aircraft	Длина самолета, м Overall length, m	Размах крыльев, м Wing span, m	Мощность двигателя, кВт Engine power, kW	Взлетная масса, кг Takeoff weight, kg	Скорость полета, км/ч Flight speed, km/h	Дальность полета, км Max flight range, km
Сталь-МАИ	Stal-MAI	11.3	18.0	610		320	до/up to 5000
Октябренок	Oktyabryonok	6.0	4.12	33	400	115	340
Ш-тандем	Sh-Tandem	8.5	11.0	685	3150	448	
ББ-МАИ	BB-MAI	10.0	9.6	770	3500	550	500
Гр-1	Gr-1	11.8	16.8	2 x 1030	7700	645	







Модели самолетов: Ш-тандем, ББ-МАИ, Гр-1
Models of aircraft: Sh-Tandem, BB-MAI, Gr-1

МКБ "Факел": полвека на передовых рубежах

Fakel Engineering Design Bureau: At the Front Line for Half a Century

Созданное полвека назад МКБ "Факел" с самого начала было сориентировано на создание различных видов ракетной техники и, в первую очередь, зенитных управляемых ракет. Все эти годы предприятие ведет интенсивный поиск новых решений, занимается экспериментами, научными и конструкторскими исследованиями, берет на себя роль лидера во многих направлениях развития ракетной техники. Работая в кооперации с конструкторскими бюро и предприятиями, производящими радиолокационную технику и системы управ-

From the moment it was set up half a century ago, the Fakel Engineering Design Bureau was oriented at the development of versatile missiles and rocketry, primarily the air defense guided missiles. Within all these years, the enterprise has intensively been working at the new design concepts, carrying out experiments, R&D work, playing a leading part in many spheres of the missiles and rocketry development. Working in close cooperation with design offices and enterprises that produce radar equipment and control systems, the Fakel Engineering Design Bureau has created several generations of AD missile systems recognized all over the world as the best ones in this field.

Currently, Fakel is a unique enterprise because it amalgamates such spheres as design, development of special technologies, manufacture and testing, which allows the enterprise to create missiles and provide their full-scale testing followed by the series manufacture at minimum costs within the shortest period.

Solving the most complicated scientific and technical problems of AD missile systems design became possible due to the successful work of highly skilled personnel of the Fakel Engineering Design Bureau. The basis of the enterprise's viability was formed at the initial stage of its activities. At that very time, the head of the enterprise Pyotr Dmitriyevich Grushin began to carry out an effective personnel policy, which allowed him to unite qualified experts within the structure of his enterprise: missile specialists from Design Bureau #1, experts from the Experimental Aircraft Plant #293 and young experts, who graduated from the Moscow higher schools – Bauman Moscow State Technical University, Moscow Aviation Institute and a number of others.

The combination of experience, traditions of aircraft design offices and modern

Машиностроительное конструкторское бюро "Факел", главное здание
Fakel Engineering Design Bureau, main building

ления, МКБ “Факел” создало несколько поколений зенитных ракетных средств, признанных во всем мире в качестве лучших образцов.

Нынешняя уникальность предприятия заключается в том, что здесь в органическом сочетании развиваются конструкторское, специальное технологическое, производственное и испытательное направления. Это дает возможность создавать ракеты и обеспечивать их комплексную отработку и последующее серийное изготовление с минимальными финансовыми затратами и в кратчайшие сроки.

Решение сложнейших научно-технических проблем зенитной ракетной техники стало возможным благодаря успешной работе высококвалифицированного коллектива специалистов МКБ “Факел”. Основы его жизнеспособности были заложены еще на начальном этапе деятельности конструкторского бюро. Именно тогда его руководитель – Петр Дмитриевич Грушин стал проводить эффективную кадровую политику, позволившую объединить в составе предприятия квалифицированных специалистов-ракетчиков из КБ-1, работников опытного авиационного завода № 293 и молодых специалистов, окончивших московские вузы – МВТУ, МАИ, МГУ, МИФИ и ряд других.

Сплав из опыта, традиций самолетостроительных конструкторских бюро и современных знаний в сфере ракетостроения дал коллективу возможность создать фирменный стиль МКБ “Факел”, важнейшей особенностью которого стало стремление специалистов предприятия:

– к достижению максимально высокой эффективности ракет при их минимальной стоимости и простоте в эксплуатации;

– к максимально возможному удовлетворению требований заказчика;

– к разумному сочетанию оригинальных конструкторских и технологических решений с уже отработанными.

Следование этому стилю предполагало не просто исполнение требований технического задания, а формирование концепций и направлений создания и совершенствования ракетной техники на основе постоянного и всестороннего изучения отечественного и мирового опыта ракетостроения, его рационального учета и предвосхищения тенденций использования в создаваемых конструкциях ракет наиболее перспективных решений. При этом специалистов “Факела” всегда отличали самобытность, нетрадиционные подходы к решению сложных конструкторских задач, приверженность к принятию смелых и новаторских решений, продуманность и обоснованность при создании каждого элемента ракет.

Первые годы предприятие в основном занималось созданием зенитных управляемых ракет для войск ПВО страны и авиационных управляемых ракет класса “воздух-воздух”. В дальнейшем работы по авиационным ракетам были значительно сокращены, и напротив, они широко развернулись по ракетам для зенитных комплексов войск ПВО, войск ПВО Сухопутных войск, корабельных средств ПВО, а также для систем

knowledge in the sphere of missile engineering allowed the personnel to create the enterprise style of the Fakel Engineering Design Bureau. Its main feature is the aspiration of the personnel for:

– achievement of maximum efficiency of missiles at their minimal cost and simplicity in operation;

– maximum compliance with the customer’s requests;

– reasonable combination of the newest design and technological decisions with those previously elaborated.

This style featured not merely following the requirements of the request for proposal, but forming the concepts and directions in building and modernizing the missiles and rocketry on the basis of permanent and comprehensive investigation of the domestic and world experience in missile engineering, the rational consideration of this experience and anticipation of new trends, application of the most perspective concepts when designing the new types of missiles. At the same time, the Fakel experts were noted for their original nontraditional approaches to solving complex design tasks, for their courageous and innovative decisions, as well as for reasonable and well-grounded attitude to the development of each element of the missile.

During the first years of its existence, the Fakel Engineering Design Bureau was mainly engaged in the development of AD missiles for our country’s Air Defense Forces and the air-to-air guided missiles. Later on, the works on the air-to-air missiles were considerably reduced, and the Fakel specialists focused on the development of missiles for AD missile systems of the domestic Air Defense Forces, for the Army AD units, for ship-based AD systems as well as for the ABM systems. Significant increase of the enterprise’s activity required the expansion of its structure. That is why in the 1960s, the branch design offices were set up at series production plants in Moscow and Kirov, and technological, manufacturing and testing services were developed at a high rate.

All these facts made for the development of an original design school at the enterprise that had not been typical for the domestic missile engineering. The basic purpose of this school was the development of missiles surpassing the existing world analogs.

The characteristic features of this school include:

– systemic approach, which means that every missile is developed as a part of a missile system; in this connection, maximum attention is paid to the requirements of the specialists who are developing the missile system. With this aim, the specific features of the future system are thoroughly studied and close coordination with the missile system engineers takes place at all stages;

– development of missiles at the highest scientific and technological level that is achieved through the forestalling research works associated with solving both the fundamental and the secondary questions. In this respect, the advanced achievements in missile engineering are studied and put into practice, and constant cooperation with the organizations representing

противоракетной обороны. Значительное расширение направлений деятельности предприятия потребовало расширения его структуры. Вот почему в 1960-х годах были образованы конструкторские бюро-филиалы, базировавшиеся на серийных заводах в Москве и Кирове, мощное развитие получили технологические, производственные и испытательные службы.

Все это обусловило формирование на предприятии ранее не свойственной отечественной промышленности конструкторской школы, основной целью которой было создание ракет, превосходящих по своим качествам имевшиеся в мире аналоги.

К особенностям этой школы относятся:

– системный подход, при котором каждая ракета разрабатывается как единое целое с комплексом ракетного оружия, причем при этом максимально учитываются требования создателей комплекса. С этой целью ведется самое тщательное изучение особенностей будущего комплекса, на всех этапах осуществляется тесное взаимодействие с его разработчиками;

– выполнение разработки ракеты на самом высоком научно-техническом уровне, что достигается проведением опережающих научно-исследовательских работ, связанных с решением как принципиальных, так и частных вопросов. При этом не только изучаются и реализуются наиболее передовые достижения ракетостроения, но и ведется постоянная совместная работа с организациями из различных отраслей науки и промышленности;

– особое внимание уделяется простоте и удобству обслуживания ракет в войсках. С этой целью формируются соответствующие требования к системам контроля, к максимально возможной надежности, к разработке методик быстрого устранения неисправностей. В конечном счете подобный подход позволил сформировать и реализовать на предприятии концепцию достижения гарантированной надежности ракетной техники;

– создание коллектива единомышленников, состоящего из высокопрофессиональных и ответственных специалистов, организация их дружной и целеустремленной работы, направленной только на достижение требуемого результата;

– требовательность к руководителям

various scientific and industrial branches is simultaneously exercised;

– special attention is paid to ensuring simple and convenient maintenance of the missiles. With this purpose, certain requirements are elaborated towards the monitoring systems, maximum reliability and techniques of quick correction of malfunctions. Such approach has finally enabled the enterprise experts to develop and put into practice the concept of achieving the guaranteed reliability of missile systems;

– setting up the collective of like-minded colleagues including highly professional and responsible experts; the arrangement of their concerted and purposeful activity aimed at the achievement of the required result;

– exacting attitude to managers and executors of all levels, development and support of their reasonable initiatives.

This school of the Fakel Engineering Design Bureau was founded and further developed by the head of the enterprise Pyotr D. Grushin; by the talented scientists and product engineers D. Tomashevich, N. Zyrin, Ye. Krinetsky, V. Yelagin, G. Bolotov. There also were such experts as I. Arkhangelsky, Ye. Afanasyev, B. Baldin, G. Bondzik, A. Dvoretsky, V. Zhestkov, G. Gnesin, A. Guzikov, N. Guzikov, F. Izmailov, V. Isaev, Ye. Iofinov, I. Karamyshev, A. Karaulov, V. Kolyaskin, B. Korablev, V.Sem. Kotov, V.Serg. Kotov, V. Krapivin, Yu. Krasantovich, Yu. Kresteshnikov, A. Kruglov, N. Kulagin, N. Kurbatov, F. Ku-

Старт первой зенитной ракеты МКБ "Факел"
Launch of Fakel's first AD missile

и исполнителям всех уровней, развитие и поддержка их разумной инициативы.

У истоков создания и всестороннего развития на “Факеле” этой школы стояли руководитель предприятия Петр Дмитриевич Грушин, известные ученые, конструкторы, инженеры и организаторы производства, такие, как Д.Л. Томашевич, Н.Г. Зырин, Е.И. Кринецкий, В.Н. Елагин, Г.Е. Болотов, а также те, чьи таланты и способности полностью раскрылись в работе на “Факеле” – И.И. Архангельский, Е.И. Афанасьев, В.М. Балдин, Г.Ф. Бондзик, Р.Б. Ванников, В.Г. Васетченков, Г.Л. Гнесин, А.М. Гузиков, Н.Л. Гузиков, А.С. Дворецкий, В.А. Жестков, Ф.Ф. Измайлов, В.П. Исаев, Е.С. Иофинов, И.А. Карамышев, А.В. Караулов, В.В. Коляскин, Б.А. Кораблев, В. Сем. Котов, В. Серг. Котов, В.К. Крапивин, Ю.Ф. Красантович, Ю.В. Крестешников, А.М. Круглов, Н.Т. Кулагин, Н.Г. Курбатов, Ф.С. Кулешов, В.Ф. Кулешов, М.А. Любомудров, В.В. Манцевич, В.Я. Мизрохи, П.Н. Морозов, В.Н. Озеринин, А.В. Пелиховский, Б.Д. Пупков, П.Е. Сафронов, В.Г. Светлов, А.И. Сергеев, В.Е. Слобода, А.П. Собесский, Г.А. Станевский, Н.И. Степанов, В.А. Столяров, Д.Г. Тетерин, В.И. Ушаков, О.М. Химаныч, С.Г. Хитенков, Н.Г. Шерстюк, А.Г. Шлапак и многие, многие другие. Благодаря их самоотверженному и подвижническому труду, сегодня можно уверенно утверждать, что результаты, полученные в ходе самобытных и оригинальных исследований в таких областях, как динамика полета, аэрогазодинамика, баллистика, эффективность, бортовые системы управления и приводы, статическая и динамическая прочность летательных аппаратов, прикладная математика и специальное программирование, специальные материалы, наземная отработка летательных аппаратов, находятся не только на уровне мировых достижений, но и превосходят их по многим параметрам и критериям.

Музей МКБ “Факел”
Fakel’s Museum

Творческий поиск специалистов МКБ “Факел” по ряду направлений приобретал

leshov, V. Kuleshov, O. Khimanytch, S. Khitenkov, M. Lyubomudrov, V.Mantcevich, V. Mizrokhi, P. Morozov, V. Ozerinin, A. Pelihovsky, B. Pupkov, P. Safronov, V. Svetlov, A. Sergeev, V. Sloboda, A. Sobessky, G. Stanevsky, N. Stepanov, V. Stolyarov, N. Sherstyuk, A. Schlapak, D. Teterin, V. Ushakov, R. Vannikov, V. Vasetchenkov, whose talent and abilities began to flourish during their work in Grushin’s bureau.

Due to their self-sacrifice and selfless work, today we may confidently state that the results received during the original research work in such areas as flight dynamics, aerogasdynamics, ballistics, operational efficiency, onboard control systems and drives, static and dynamic strength of aircraft, applied mathematics and special-purpose programming, special materials and ground tests of aircraft are

характер лидерства. Так, в области динамики полета – это перспективные принципы наведения на цель и управления полетом зенитных ракет. В аэрогазодинамике – развитие достижений отечественной и мировой науки в сфере реализации традиционных и оригинальных аэродинамических схем. В баллистике – реализация оригинальных траекторий полета. В двигателестроении – применение ракетно-прямоточных двигателей для зенитных ракет, систем "холодного" вертикального старта. В производстве ракетной техники и материаловедении – применение технологий, рассчитанных на крупносерийное и массовое производство ракет, создание и применение уникальных материалов и технологий их обработки.

В МКБ "Факел" впервые были применены принципы функционально-стоимостного анализа и оптимизации характеристик разрабатываемых ракет, что позволило обеспечить создание максимально эффективных систем при минимальных затратах. В результате, к середине 1970-х годов стало возможным внедрение на предприятии системы автоматизированного проектирования ракет, обеспечившей значительное ускорение этих работ.

МКБ "Факел" первым внедрило:

– принципы унификации ракет, позволившие использовать унифицированные ракеты в системах и комплексах оружия ПВО различных видов вооруженных сил;

– самонаведение ракет с помощью радиолокационной полуактивной головки, что значительно увеличило дальность действия ракет;

– конструкционные решения, обеспечившие необходимую эффективность действия аэродинамических рулей ракеты при различных высотах и скоростях ее полета – механизма изменения передаточного числа, пружинных механизмов и разрезных аэродинамических рулей;

– аэродинамические поверхности, раскрываемые после старта ракеты, что позволило значительно уменьшить габариты ракет в процессе их хранения и нахождения на пусковой установке;

– аэродинамическую схему "утка" со свободно вращающимся крыльевым блоком, что дало возможность значительно уменьшить возникающие паразитные моменты от аэродинамических сил, а также уменьшить массу системы управления при сохранении ее эффективности;

– хранение ракет в транспортно-пусковых контейнерах, в которых проходит весь цикл их существования – от сборки на заводе до пуска;

– применение различных видов "холодного" вертикального старта ракеты из транспортно-пускового контейнера;

– системы газодинамического управления: газовых рулей-элеронов, газоструйных систем, которые обеспечивают быстрый вывод ракет на траекторию полета к цели и достижение минимальной ближней границы зоны поражения;

– принцип гарантированной надежности ракет, что обеспечило этим технически сложным видам оружия продолжительные гарантийные сроки их беспроверочной войсковой эксплуатации.

not just on a par with the world achievements, but surpass them by many parameters and criteria.

Due to the creative research of its experts, the Fakel Engineering Design Bureau began to become a leader in a number of spheres. For instance, in the field of flight dynamics, we should mention the perspective principles of targeting and flight control of AD missiles. In aerogasdynamics, it is the development of domestic and world science achievements in application of traditional and original aerodynamic schemes. In ballistics, it is the implementation of nontraditional flying paths. In engine building, it is the employment of ramjet motors for AD missiles and cold vertical launch systems. In the spheres of missiles manufacture and science of materials, it is the application of technologies designed for large-scale and series production of missiles, development and application of unique materials and technologies for their processing.

The Fakel Engineering Design Bureau became the first enterprise to use the principles of the function and cost analysis and optimization of characteristics of the developed missiles. It allowed the enterprise to develop highly efficient missile systems at minimum costs. As a result, by the mid-1970s, it became possible to introduce the missiles' automated design system that resulted in significant acceleration of the design process at the enterprise.

The Fakel Engineering Design Bureau was the first to introduce:

– principles of the missiles unification that has made it possible to employ the unified missiles in AD weapon systems of various armed services of the Armed Forces;

– homing of missiles with the use of semiactive radar homing head that has considerably increased the range of the missiles;

– missile design specifications providing required efficiency of the missile aerodynamic control surfaces at different altitudes and speeds, i.e. the gear ratio control mechanism, spring mechanisms and split aerodynamic control surfaces;

– aerodynamic control surfaces unfolded after launch that allowed considerable reduction of missiles' dimensions during storage and when fixed on a launcher;

– canard aerodynamic configuration with free-rotating wing unit that resulted in considerable reduction of parasitic moments from the aerodynamic forces, as well as in weight reduction of the system control unit while retaining its efficiency;

– missile storage in transporting-launching containers where the missile's complete cycle takes place – from its assembly at a plant to the launch;

– different types of cold vertical launch from the transporting-launching container;

– gas-dynamic control system: gas vanes (ailerons), jet systems that quickly put the missile to a guidance path and ensure reaching the nearest range of the effective area;

– principle of guaranteed reliability of missiles that provided this sophisticated type of weapons with long periods of guaranteed service life without maintenance.

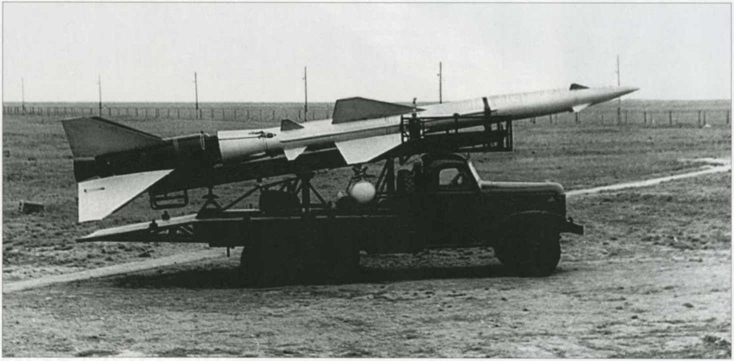
Зенитные ракеты для войск ПВО

Missiles for the Air Defense Forces

МКБ "Факел" (ОКБ-2) образовано в соответствии с Постановлением Совета Министров СССР от 20 ноября 1953 года № 2838-1201 "О создании передвижной системы зенитного управляемого ракетного оружия для борьбы с авиацией противника" ("Системы-75"). Именно этим документом на последующие десятилетия было определено место предприятия как головного разработчика зенитных управляемых ракет для войск ПВО.

В процессе работы над "Системой-75", а также и в дальнейшем, при создании зенитных ракетных средств для ПВО страны, МКБ "Факел" тесно взаимодействовало с КБ-1 (КБ "Стрела" – ЦКБ "Алмаз" – НПО "Алмаз" им. А. Расплетина), ставшего головным разработчиком систем ПВО.

Ракета 1Д для "Системы-75" стала своего рода визитной карточкой МКБ "Факел". Если успеху в создании большинства элементов системы способствовало широкое использование многих технических решений, ранее отработанных на системе С-25, то для того, чтобы создать ракету 1Д, в МКБ "Факел" был



Ракета 1Д на полигоне, апрель 1955 г.
1D missile at a firing range, April 1955

The Fakel Engineering Design Bureau was set up in compliance with Resolution #2838-1201 of the Council of Ministers of the USSR of November 20, 1953, *On the Development of a Mobile Surface-to-Air Guided Weapons System Intended for Combating Enemy Aircraft (Sistema-75)*. It was this document that determined the role of the Design Bureau as the leading designer of surface-to-air missiles for the national AD Forces for decades to come.

In the process of working on Sistema-75, as well as in the course of developing other AD missile weapons for the national AD Forces, the Fakel Bureau worked in close cooperation with the Design Bureau #1 (Strela Design Bureau – Almaz Central Design Bureau – Almaz Research and Production Association named after A. Raspletin,) which has become the leading designer of AD systems.

The 1D missile intended for the Sistema-75 has become some sort of a representative product of the Fakel Bureau. It was the extensive use of many technical solutions earlier tested in the S-25 system that facilitated the successful development of the majority of the system's components; but in order to create the 1D missile, the Fakel engineers developed and later successfully implemented a series of breakthrough technologies. They included: a two-stage missile scheme with a solid-propellant booster and a sustainer stage fitted with a liquid-propellant engine, an upgraded method of guiding a missile to a target, firing a missile at an angle from a launcher laid in the direction of a target, use of a normal aerodynamic configuration of the missile, etc. As a result, the missile made by Fakel turned out to be half as heavy as the missiles used in the S-25 system, while retaining practically the same kill zone against aerial targets as the S-25 missiles, both in terms of range and altitude.

In December 1957, the first AD missile made by the Fakel Engineering Design Bureau designated 1D (NATO reporting name SA-2 Guideline), was adopted by the national AD Forces and the Army Air

Высотный самолет-разведчик RB-57D, сбитый ракетами ЗРК С-75 в октябре 1959 г.
RB-57D high-altitude spy aircraft downed by S-75 AD system in October 1959

принят и в дальнейшем успешно реализован ряд передовых для того времени технических решений. В том числе двухступенчатая схема ракеты с твердотопливным ускорителем и маршевой ступенью с ЖРД, усовершенствованный метод наведения ракеты на цель, наклонный старт с наводимых в направлении цели пусковых установок, нормальная аэродинамическая схема и т.д. В результате, ракета МКБ "Факел", при практически одинаковой с ракетой системы С-25 зоной поражения воздушных целей по дальности и высоте, получилась почти вдвое легче.

В декабре 1957 года первая зенитная ракета МКБ "Факел" под обозначением 1Д (SA-2 "Guideline" – по классификации НАТО) была принята на вооружение войск ПВО страны и ПВО Сухопутных войск. Позже на предприятии и в его филиалах создали ряд модификаций этой ракеты (11Д, 13Д, 20Д и т.д.), которые находились и находятся на вооружении десятков государств мира. В некоторых странах – Китае, Египте, Иране и других – также проводилась ее модернизация.

Ракеты комплекса С-75 первыми в мире поразили реального воздушного противника. Впервые это произошло 7 октября 1959 года в небе над Китаем, когда был сбит высотный самолет-разведчик RB-57D.

А 1 мая 1960 года около города Свердловска был сбит американский самолет-разведчик "Локхид" U-2 с пилотом Ф.Г. Пауэрсом.

Яркой страницей в биографии ракет комплекса С-75 стало их использование во время войны во Вьетнаме. Там, начиная с 24 июля 1965 года, ими были уничтожены тысячи американских бомбардировщиков, штурмовиков и истребителей.

Defense. Later, a series of modifications of the missile were developed by the Fakel Bureau and its subsidiaries; the 11D, 13D, 20D and other versions have been in service with dozens of countries worldwide. Some countries, such as China, Egypt, Iran, etc. have also upgraded this missile.

The S-75 system missiles were the first missiles in the world to have engaged a real enemy aerial target. It first happened on October 7, 1959, in the airspace of China, when a RB-57D high-altitude spy aircraft was downed.

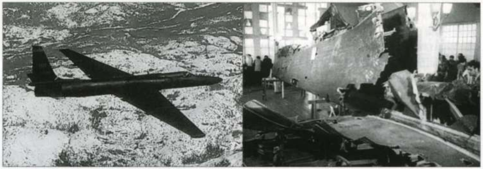
On May 1, 1960, the Lockheed U-2 spy aircraft piloted by F. Powers was downed in the Sverdlovsk area.

Another bright chapter in the history of the S-75 system missiles was their performance during the war in Vietnam. Starting from July 24, 1965, these missiles destroyed over a thousand US bombers, fighters and attack aircraft in Vietnam.

The 5V24 two-stage solid-propellant short-range missile (NATO reporting name SA-3 Goa), the development of which began in 1956, has become equally famed. Originally, the missile was designed for the M-1 shipborne AD missile system. However, later a decision was made to use the missile as a prototype for a unified AD missile intended both for the M-1 shipborne system and for the S-125 mobile AD missile system used by the AD Forces.

Attaining such a complex objective became possible due to the use of exclusively solid-propellant engines for this missile, as well as to a significant downsizing of the missile itself. The latter was obtained by mounting on the missile booster the stabilizing fins that would unfold after launch. Simultaneously, the Fakel designers managed to make the missile compatible with shipboard and ground guidance and control systems, with launch mounts, as well as with other types of equipment and support devices.

The 5V24 missile that entered operational service in June 1961, was later repeatedly upgraded. Its different versions were successfully used during the hostilities in Vietnam and in the Middle East. They have been very highly praised



Самолет-разведчик "Локхид" U-2, сбитый в мае 1960 г., и его обломки на выставке в Москве
Lockheed U-2 spy aircraft downed in May, 1960, and its fragments exhibited in Moscow

Столь же широкую известность получила двухступенчатая твердотопливная ракета малой дальности 5В24 (SA-3 "Goa"– по классификации НАТО), создание которой началось в 1956 году. Изначально эта ракета разрабатывалась для корабельного ЗРК М-1, однако позже было принято решение о создании на ее основе унифицированной зенитной ракеты, которая могла бы применяться как в составе корабельного комплекса М-1, так и в составе передвижного ЗРК С-125 войск ПВО.

Решение столь сложной задачи стало возможным благодаря использованию на этой ракете только твердотопливных двигательных установок, а также – значительному уменьшению габаритов самой ракеты, для чего были применены раскрываемые после старта стабилизаторы, установленные на ускорителе ракеты. При этом конструкторам МКБ "Факел" удалось обеспечить совместимость ракеты с наземными и корабельными системами наведения и управления, пусковыми установками, различным оборудованием и вспомогательными средствами.

Принятая на вооружение в июне 1961 года ракета 5В24 в дальнейшем неоднократно модернизировалась. Различные ее варианты с успехом применялись в боевых действиях во Вьетнаме и на Ближнем Востоке. Они получили самую высокую оценку военных, технических специалистов, да и мирных жителей. Последним по времени стало использование этих ракет при отражении воздушной агрессии против Югославии в 1999 году. Одним из самых запомнившихся эпизодов той войны было уничтожение ракетой этого типа истребителя F-117A, созданного с использованием технологии "Стелс".

Ракета 5В24 (как и ее модификации), созданная на базе технических решений, отработанных для первых отечественных зенитных ракет, эксплуатируется уже в течение нескольких десятилетий. И тем не менее, по своим эксплуатационным показателям она приемлема для использования в составе современных средств ПВО. Это обстоятельство позволяет в настоящее время вести работы по ее модернизации для поддержания боевых возможностей ЗРК С-125 на уровне, ко-

Ракеты ЗРК С-125
Missiles for S-125 AD missile system

by military and technical experts, as well as by the civilians. The latest employment of these missiles took place in 1999 when repelling the air aggression against Yugoslavia. One of the most memorable moments of that war was the downing of a F-117A Stealth fighter by this type of missile.

Just as its modifications, the 5V24 missile, based on the engineering solutions that had been tested in the first Soviet-made AD missiles, has been in operation for several decades. Nevertheless, its performance characteristics make the missile quite acceptable for use with the AD Forces. This has made it possible to continue upgrading the missile even nowadays, thus maintaining the S-125 AD missile system's kill potential at a level that conforms to the present-day requirements of combating air attack weapons. Today, Fakel implements a program aimed at upgrading this type of missiles, which will make it possible to increase the efficiency of their use against aircraft, helicopters and high-precision missile weapons, both modern and the ones currently under development.

Research into the implementation of ramjets for the 17D, 18D and 22D AD missiles conducted in the 1950s and 1960s, has left a noticeable mark in Fakel's history. The Engineering Design Bureau became a trailblazer in using ramjets for the abovementioned type of missiles.

The first launch of the 17D two-stage missile fitted with a solid-propellant sustainer ram rocket engine designed by the Fakel specialists, took place on January 23, 1960. In the course of flight tests, the missile with a working sustainer achieved a maximum speed of Mach 3.7.

A number of innovative – for that period of time – configuration solutions were implemented in the design of the 18D. In particular, its rocket-assisted take-off motors, made of magnesium alloys, were housed inside the rocket-motor tube and served as supplementary propellant for the engine.

The subsequent work along these lines resulted in the creation of the 22D three-stage missile. The missile was fitted with an engine pack consisting of four ramjets, including both the solid-propellant (designed by Fakel) and the liquid-propel-

торый отвечает современным требованиям борьбы со средствами воздушного нападения. Сейчас в МКБ "Факел" выполняется программа модернизации ракет этого типа, что позволит повысить эффективность их использования против современных и перспективных самолетов, вертолетов и высокоточных ракетных средств.

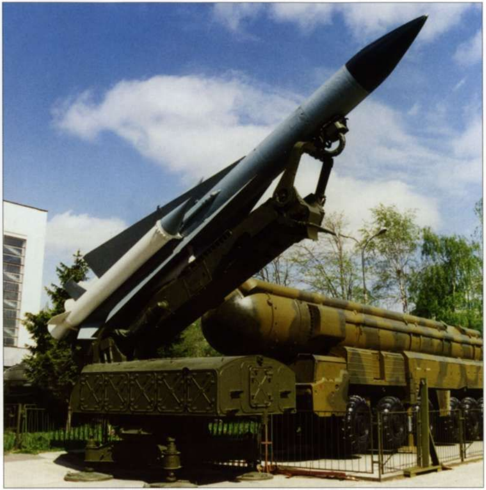
Заметный след в истории МКБ "Факел" в 1950-е – 1960-е годы оставили исследования по использованию в зенитных ракетах 17Д, 18Д, 22Д ракетно-прямоточных двигательных установок. Предприятие стало пионером в области использования подобных двигателей для ракет данного класса.

23 января 1960 года состоялся первый пуск двухступенчатой ракеты 17Д, оснащенной маршевым твердотопливным ракетно-прямоточным двигателем, разработанным специалистами "Факела". В процессе летных испытаний ракета с работающим маршевым двигателем достигла скорости 3,7М.

В ракете 18Д был реализован ряд новаторских – по тому времени – компоновочных решений. В частности, ее стартовые ускорители, изготавливавшиеся из магниевого сплава, размещались внутри камеры ракетно-прямоточного двигателя и служили дополнительным горючим для него.

Продолжение работ в этом направлении привело к созданию трехступенчатой ракеты 22Д, которая была оснащена блоком из четырех ракетно-прямоточных двигателей, как твердотопливных (разработанных в МКБ "Факел"), так и жидкостных (разработки КБ М. Бондарюка). На испытаниях, проводившихся в середине 60-х годов, ракета 22Д достигла скорости 4,8М, что для того времени являлось значительным достижением.

Еще одна важная веха в истории предприятия – создание ракет для системы



Ракета ЗРС С-200 в Музее Российской Армии
Missile for S-200 AD missile system in the Russian Army Museum

lant ones (designed by the M. Bondaryuk Design Bureau). In the course of the testing held in the mid-1960s, the 22D missile achieved a maximum speed of Mach 4.8, which was a considerable achievement at the time.

Another important milestone in the history of the Fakel enterprise is the development of missiles for the S-200 long-range system. A pressing demand for such system arose in the late 1950s, with the advent of thermonuclear weapons and intensive development of missiles and supersonic aircraft. First of all, the research into the missile intended for the S-175 mobile system was carried out. The study made it possible to establish the core technical prerequisites that allowed solving the complex scientific-technical and engineering tasks posed by the development of a long-range AD missile. These tasks were carried out in full in the 5V21 missile designed for the S-200 system.

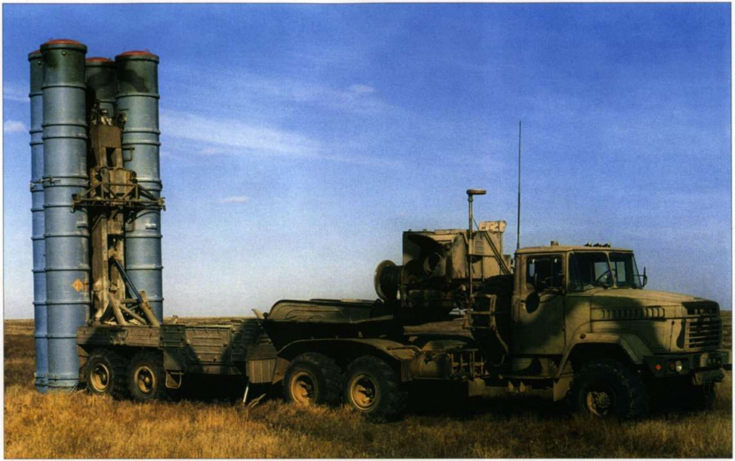
In compliance with the original specifications, the missile was supposed to engage aerial targets beyond the range of 150 km and moving at a speed of up to 3,500 km/h at altitudes of up to 35 km. To make it able to engage targets at such distances, it was decided, for the first time in the history of national missilery, to use semiactive radar homing guidance. A number of other innovative technologies were also used.

The 5V21 (SA-5 Gammon) missile that entered operational service in February 1967, allowed the national AD Forces to reach a qualitatively new level. The development of the long-range missile and its later modifications with the effective range of up to 300 km became one of the main factors that brought about changes in aerial operations tactics, which was vividly demonstrated in the military conflicts of the 1970s and 1980s.

большой дальности С-200. Потребность в такой системе возникла и приобрела особую актуальность в конце 1950-х годов, с появлением термоядерного оружия и интенсивным развитием сверхзвуковой авиации и управляемых ракет. Прежде всего были проведены исследования по ракете для передвижной системы С-175. Они позволили выявить основные технические предпосылки, на базе которых стал возможным переход к решению сложных научно-технических и конструкторских задач, связанных с созданием зенитной ракеты большой дальности. В полном объеме эти задачи были реализованы в ракете 5В21 для системы С-200.

В соответствии с первоначальными требованиями, ракета должна была поражать воздушные цели, находящиеся на дальностях свыше 150 км и двигающиеся со скоростями до 3500 км/час на высотах до 35 км. Для поражения целей на такой дальности впервые в практике отечественного ракетостроения было применено самонаведение с помощью радиолокационной полуактивной головки. Одновременно был использован и ряд других новшеств.

Принятая на вооружение в феврале 1967 года ракета 5В21 (SA-5 “Gammon”) позволила войскам ПВО страны достичь качественно нового уровня. Создание дальнобойной ракеты и ее последующих модификаций, имевших дальность действия до 300 км, – один из главных факторов, заставивших изменить тактику воздушных операций, что наглядно продемонстрировали военные конфликты 1970-х – 1980-х годов.



Пусковая установка ЗРС С-300ПМУ с ракетами 48Н6
S-300PMU AD missile system launcher with 48N6 missiles

В ноябре 1991 года один из вариантов этой ракеты стал первой в мире ракетой-лабораторией, на борту которой был испытан первый в мире водородный гиперзвуковой прямоточный воздушно-реактивный двигатель, созданный специалистами Центрального института авиационного моторостроения (ЦИАМ).

In November 1991, one of the missile’s versions became the first in the world laboratory missile used to test the world’s first hydrogen scramjet designed by the Central Institute of Aviation Motors (Russian acronym TsIAM) specialists.

The 1970s and 1980s became the time when Fakel conquered new heights in technology. It was then, that the Fakel Bureau developed a series of unified AD missiles intended for use with the S-300P (SA-10 Grumble) and the Rif shipborne AD missile systems, as well as with their later modifications. These missiles are the most outstanding representatives of a new generation of AD missile weapons.

1970-е – 1980-е годы для МКБ "Факел" – время штурма новых вершин. Именно тогда на предприятии создана серия унифицированных зенитных ракет, предназначенных для использования в составе системы ПВО С-300П (SA-10 "Grumble"), корабельного ЗРК "Риф" и их последующих модификаций. Эти ракеты – наиболее яркие представители нового поколения зенитного ракетного оружия.

В процессе создания ракеты 5В55 – первой в этой серии – на предприятии глубоко проанализировали весь предыдущий опыт, учли тенденции развития ракетной техники в мире. Проведение значительного объема исследований потребовалось для того, чтобы создать ракету, имеющую: минимальное время реакции; повышенную боеготовность; минимальную ближнюю границу пуска; высокую помехозащищенность; способность выполнять свои функции в любых погодных и климатических условиях; максимальную скорострельность; высокую эксплуатационную надежность; простую систему перезарядки. Обладая всеми этими качествами, ракета должна была также оптимально отвечать требованиям крупносерийного производства.

Создание ракеты, обладающей столь разнородными, а зачастую и противоречивыми свойствами, потребовало пересмотра уже устоявшихся подходов к проектированию зенитных ракет, всестороннего критического анализа этих подходов, использования принципиально новых технических, конструкторских и технологических решений. Одним из важнейших достижений стало создание транспортно-пускового контейнера (ТПК) для ракеты, в котором проходит весь цикл ее существования – от сборки на заводе до пуска. Исследовав все виды старта из ТПК, "Факел" проявил себя подлинным пионером, применив катапультирующее устройство для обеспечения вертикального старта ракеты из контейнера. Именно такой способ пуска был выбран для 5В55 и ее последующих модификаций.

Особо следует отметить впервые реализованный в отечественной ракетной технике принцип обеспечения гарантированной надежности ракеты в течение всего срока беспроверочной эксплуатации в войсках и на флоте.

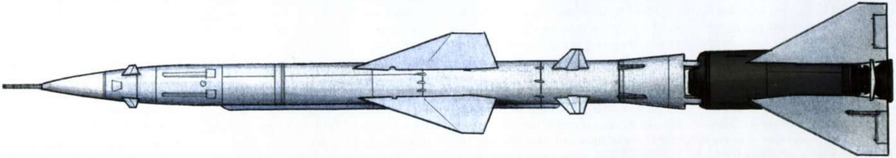
В 1979 году 5В55 принята на вооружение. Это событие стало началом радикального перевооружения войск ПВО страны. Возможности войск ПВО еще больше возросли после принятия на вооружение в начале 1990-х годов следующей зенитной управляемой ракеты, разработанной в МКБ "Факел", – 48Н6. По своей конструкции 48Н6 аналогична 5В55, имеет практически равные с ней габариты и массу. Достаточно сказать, что для ее эксплуатации используется цилиндрический ТПК тех же размеров. Однако характеристики 48Н6 значительно выше, чем у предшественницы: почти вдвое возросла дальность полета, увеличилась эффективность поражения самых разнообразных целей, в том числе тактических и оперативно-тактических баллистических ракет.

In the course of creating the 5V55 missile – the first one in this series – the Fakel specialists carried out a thorough analysis of all previous experience and took into account the current trends in the missilery development. Considerable research was required to develop a missile featuring minimum response time, advance readiness, minimum close launch zone limit, high jamming immunity, all-weather and all-climate operability, maximum rate of fire, high operational dependability, and simple reload procedure. Besides, the missile was supposed to be perfectly suited for mass serial production.

The development of a missile possessing such dissimilar, and even conflicting characteristics required that traditional approaches to designing AD missiles be subjected to a comprehensive critical analysis and revised. Fundamentally new technical, design and engineering solutions were to be used. One of the most significant achievements was the development of the transporting-launching container in which the missile is kept throughout its entire life cycle – from the assembly to the launch. Fakel proved to be a genuine trailblazer, once it was decided to use a catapult to accomplish a vertical launch of a missile from the container. This is the launch technique that was chosen for the 5V55 and its later modifications.

One should specially note the principle of guaranteed reliability of the missile throughout the entire period of its service life in the Army and the Navy, when the missile does not require any maintenance. For the first time in the national missilery this principle was incorporated in the design of the 5V55.

In 1979, the 5V55 was adopted for service. This marked the beginning of a major rearmament of the national AD Forces. The potential of the AD Forces increased even more, when another AD missile designed by Fakel, the 48N6, became operational in the early 1990s. In terms of design, the 48N6 is similar to the 5V55: overall dimensions and weight of the two missiles are virtually the same. Suffice it to say that the 48N6 uses a cylindrical transporting-launching container with similar dimensions. At the same time, the 48N6 can boast of much better performance characteristics than its predecessor: its flight range has expanded almost twofold, and its kill effectiveness against various types of targets, including the tactical and theater ballistic missiles, has also increased.



Зенитная управляемая ракета средней дальности 1Д предназначена для поражения различных средств воздушного нападения: самолетов стратегической и тактической авиации – в широком диапазоне условий их боевого применения.

1Д представляет собой двухступенчатую ракету, выполненную по нормальной аэродинамической схеме, с установленными в передней части ракеты дестабилизаторами.

Старт ракеты – наклонный, с пусковой установки, наводимой по углу и азимуту места. Управление полетом и наведение на цель осуществляются по радиокомандам, которые поступают от наземной станции наведения. Подрыв боевой части производится при подлете к цели по команде радиовзрывателя либо по команде, поступающей от наземной станции наведения.

Первая ступень 1Д – твердотопливный ракетный двигатель с установленными на нем стабилизаторами, вторая ступень оснащена жидкостной двигательной установкой с насосной системой подачи компонентов топлива в двигатель. Конструктивно маршевая ступень 1Д состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, осколочно-фугасная боевая часть, блоки бортовой аппаратуры, баки с компонентами топлива, жидкостный ракетный двигатель, агрегаты управления рулями ракеты, приемник команд управления.

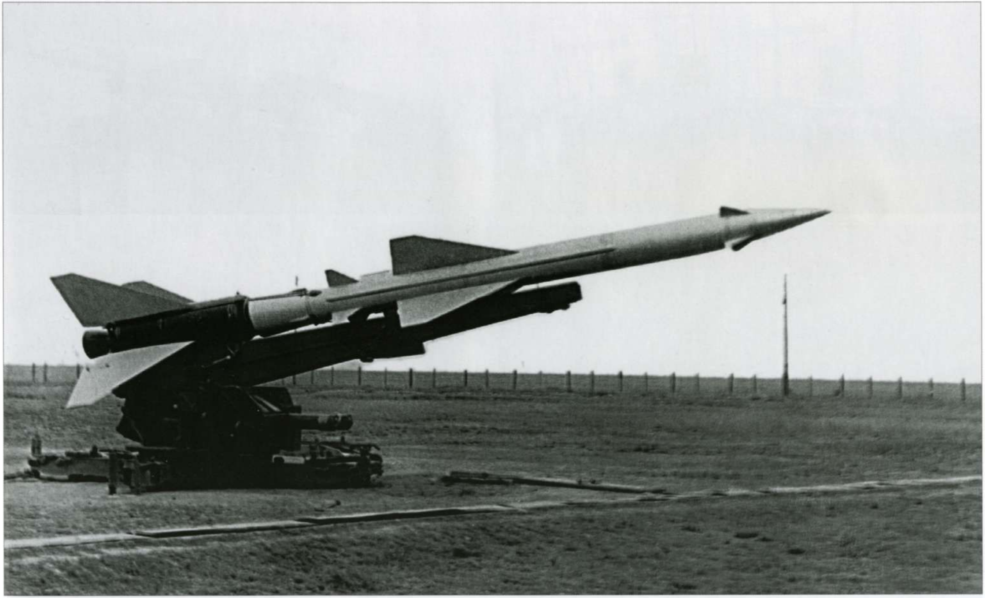
The 1D medium-range missile is intended to engage various air attack weapons including strategic and tactical aircraft in a wide range of their combat use.

The 1D is a two-stage missile employing a normal aerodynamic scheme with canard surfaces mounted in the fore part of the missile.

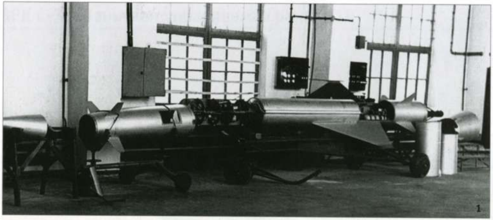
The missile is fired at an angle from a launcher laid in elevation and azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a ground guidance radar. The warhead is detonated in proximity to the target either by a command from a radar fuze or by a command from a ground guidance radar.

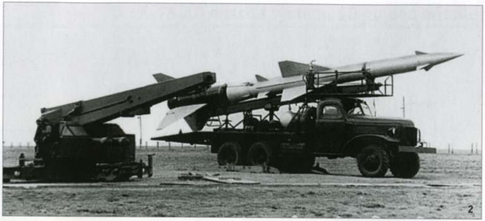
The first stage of the 1D is a solid-propellant rocket engine with stabilizing fins; the second stage is fitted with a liquid-propellant pump-feed engine.

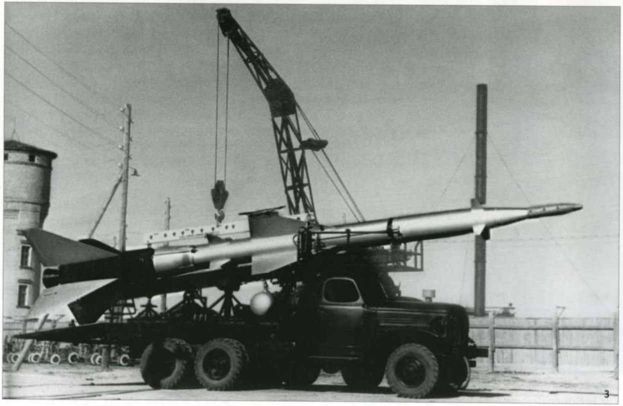
Structurally, the sustainer stage of the 1D missile consists of a number of sections housing a radar fuze, a HE fragmentation warhead, onboard equipment units, propellant tanks, a liquid-propellant rocket engine, missile control surface actuators, and a control command receiver.



Ракета 1Д перед первым пуском, апрель 1955 г.
1D missile before its first launch, April 1955

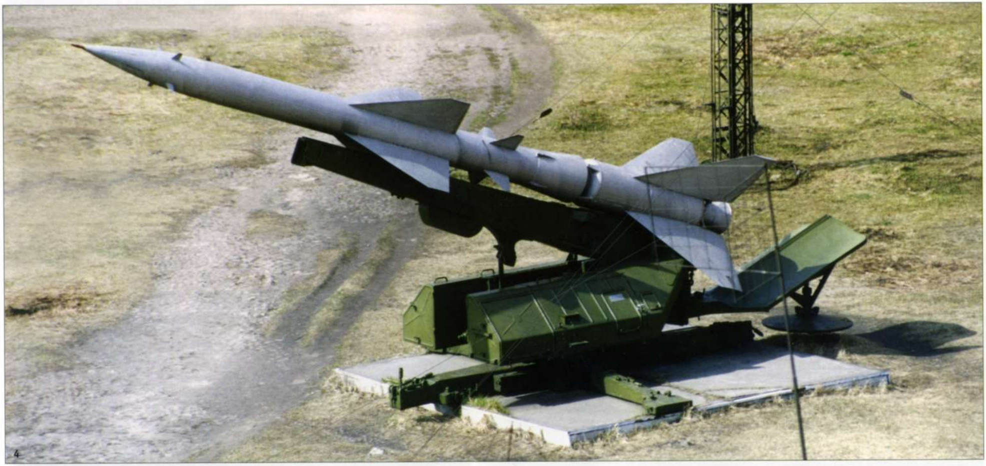

1

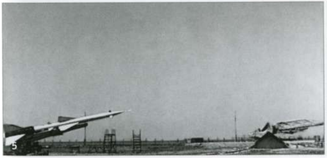

2

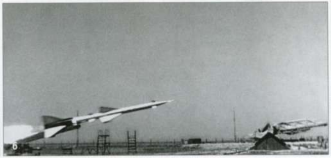

3

1. *Подготовка ракеты 1Д к испытаниям*
   1D missile prepared for tests
2. *Подготовка к заряжанию пусковой установки*
   Launcher ready for loading
3. *Погрузка ракеты 1Д на транспортную машину*
   Loading 1D missile on the transportation vehicle
4. *Ракета 1Д на полигоне*
   1D missile at a firing range

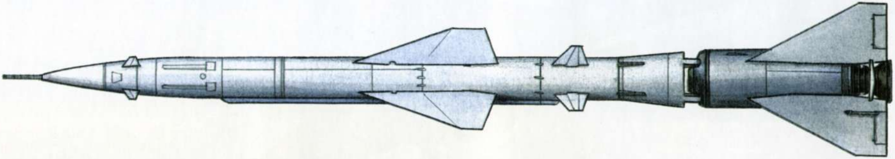
5,6,7. *Старт ракеты 1Д*
Launch of 1D missile


4


5


6

7



Дальнейшее развитие ракеты 1Д. Основным направлением модернизации ракеты стало увеличение тяги ее маршевой двигательной установки. Это позволило увеличить зону поражения воздушных целей по дальности и высоте.

11Д представляет собой двухступенчатую ракету, выполненную по нормальной аэродинамической схеме, с установленными в передней части ракеты дестабилизаторами. Старт ракеты – наклонный, с пусковой установки, наводимой по углу и азимуту места. Управление полетом и наведение на цель осуществляются по радиокомандам, которые поступают от наземной станции наведения. Подрыв боевой части производится при подлете к цели по команде радиовзрывателя либо по команде, поступающей от наземной станции наведения.

Первая ступень 11Д – твердотопливный ракетный двигатель с установленными на нем стабилизаторами, вторая ступень оснащена жидкостной двигательной установкой с насосной системой подачи компонентов топлива в двигатель. Конструктивно маршевая ступень 11Д состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, осколочно-фугасная боевая часть, блоки бортовой аппаратуры, баки с компонентами топлива, жидкостный ракетный двигатель, агрегаты управления рулями ракеты, приемник команд управления.

Ракета выпускалась в различных модификациях, в том числе 11ДА, 11ДУ, 11ДМ.

The 11D is a modernized version of the 1D missile. It featured the sustainer engine thrust augmentation that allowed increasing the kill zone of air targets in range and altitude.

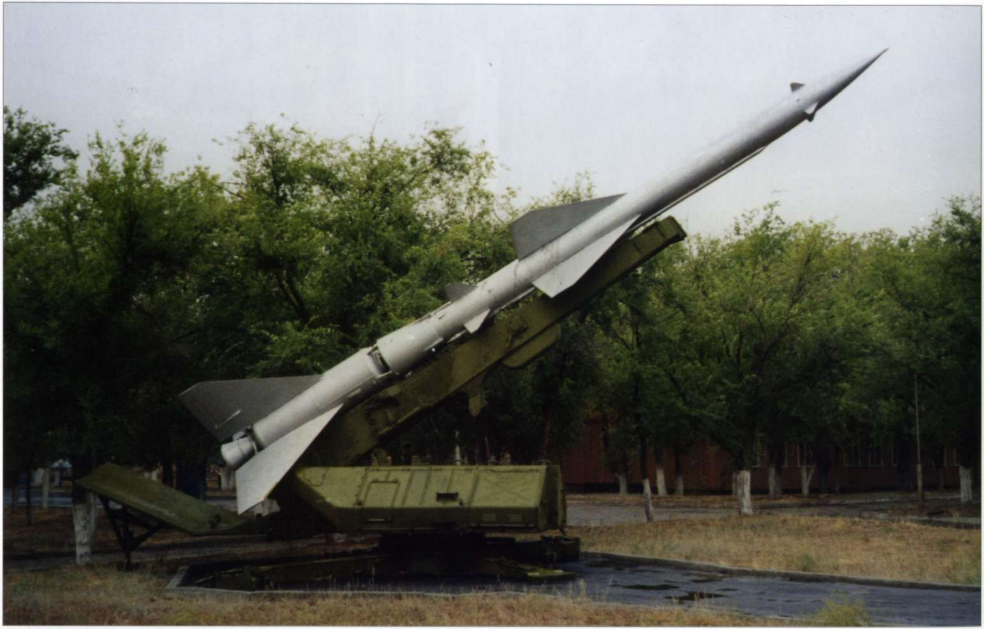
The 11D is a two-stage missile employing a normal aerodynamic scheme with canard surfaces mounted in the fore part of the missile.

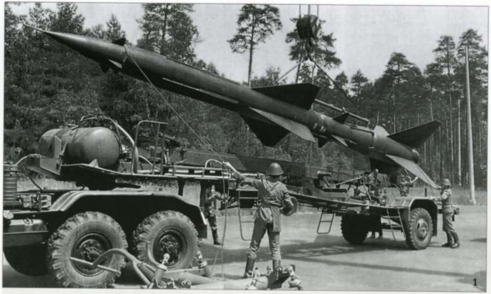
The missile is fired at an angle from a launcher laid in elevation and azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a ground guidance radar. The warhead is detonated in proximity to the target either by a command from a radar fuze or by a command from a ground guidance radar.

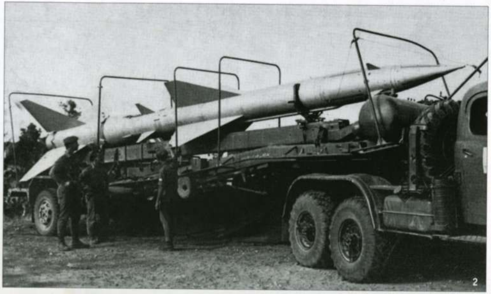
The first stage of the 11D is a solid-propellant rocket engine with stabilizing fins; the second stage is fitted with a liquid-propellant pump-feed engine.

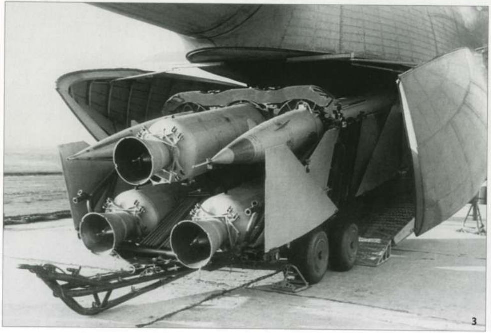
Structurally, the sustainer stage of the 11D missile consists of a number of sections housing a radar fuze, a HE fragmentation warhead, onboard equipment units, propellant tanks, a liquid-propellant rocket engine, missile control surface actuators, and a control command receiver.

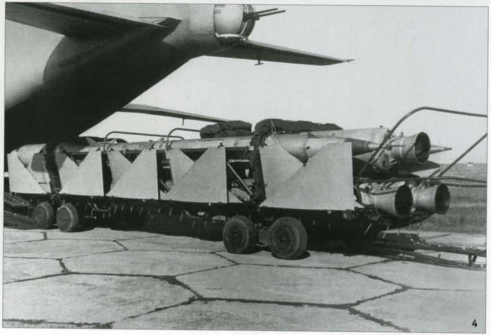
There were several modifications of the missile, including the 11DA, 11DU, 11DM versions.

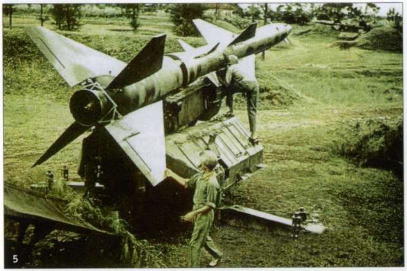


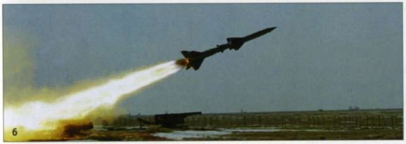

1

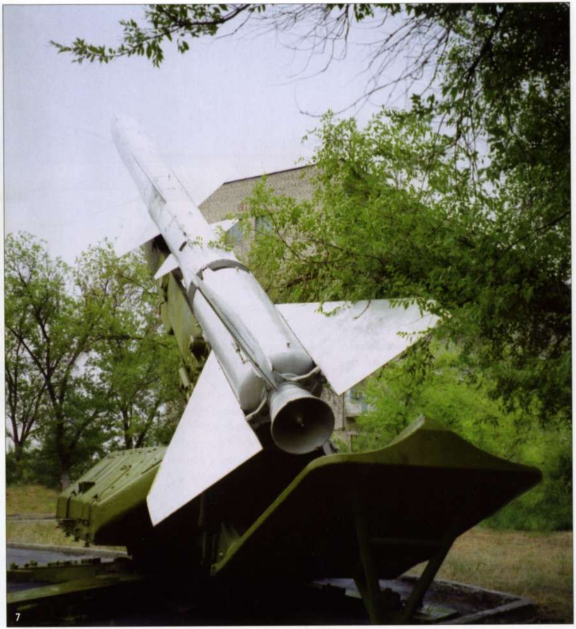

2


3

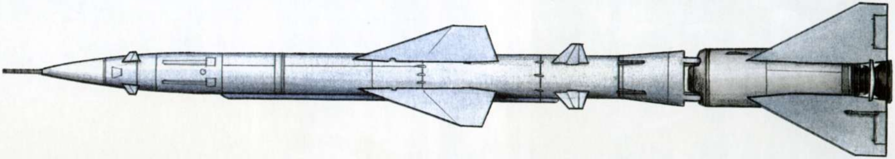

4


5


6


7

1. *Подготовка ракеты 11Д к транспортировке*
   11D missile being prepared for transportation
2. *Подготовка ракеты 11Д к вывозу на стартовую позицию*
   11D missile prepared for moving to a launcher
3. *Загрузка ракет 11Д в вертолет МИ-6*
   Loading 11D missiles into MI-6 helicopter
4. *Загрузка ракет 11Д в самолет АН-12*
   Loading 11D missiles into An-12 aircraft
5. *Ракета 11Д во Вьетнаме*
   11D missile in Vietnam
6. *Старт ракеты 11Д*
   Launch of 11D missile
7. *Памятник ракете 11Д на полигоне "Ашулук"*
   11D missile memorial at Ashuluk firing range



Развитие серии ракет 1Д и 11Д. Основным направлением модернизации стало использование на ракете бортовой радиоаппаратуры другого частотного диапазона, что позволило обеспечить ее большую помехозащищенность.

13Д представляет собой двухступенчатую ракету, выполненную по нормальной аэродинамической схеме, с установленными в передней части ракеты дестабилизаторами.

Старт ракеты – наклонный, с пусковой установки, наводимой по углу и азимуту места. Управление полетом и наведение на цель осуществляются по радиокомандам, которые поступают от наземной станции наведения. Подрыв боевой части производится при подлете к цели по команде радиовзрывателя либо по команде, поступающей от наземной станции наведения.

Первая ступень 13Д – твердотопливный ракетный двигатель с установленными на нем стабилизаторами, вторая ступень оснащена жидкостной двигательной установкой с насосной системой подачи компонентов топлива в двигатель. Конструктивно маршевая ступень 13Д состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, осколочно-фугасная боевая часть, блоки бортовой аппаратуры, баки с компонентами топлива, жидкостный ракетный двигатель, агрегаты управления рулями ракеты, приемник команд управления.

Ракета выпускалась в различных модификациях.

The 13D is a modernized version of the 1D and 11D missiles. It featured the use of different frequency band with the onboard electronic equipment that allowed increasing its jamming immunity.

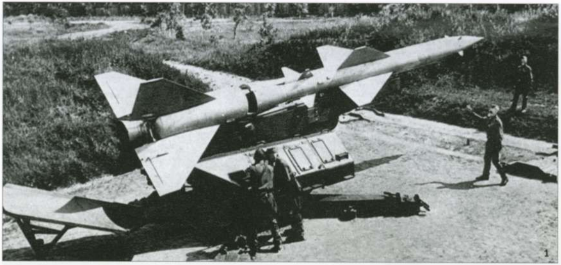
The 13D is a two-stage missile employing a normal aerodynamic scheme with canard surfaces mounted in the fore part of the missile.

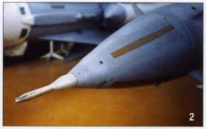
The missile is fired at an angle from a launcher laid in elevation and azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a ground guidance radar. The warhead is detonated in proximity to the target by a command either from a radar fuze or from a ground guidance radar.

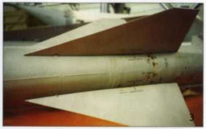
The first stage of the 13D is a solid-propellant rocket engine with stabilizing fins; the second stage is fitted with a liquid-propellant pump-feed engine.

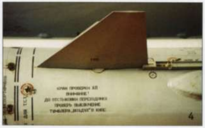
Structurally, the sustainer stage of the 13D missile consists of a number of sections housing a radar fuze, a HE fragmentation warhead, onboard equipment units, propellant tanks, a liquid-propellant rocket engine, missile control surface actuators, and a control command receiver.

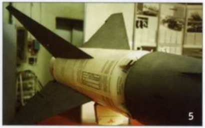
There were several modifications of the missile.

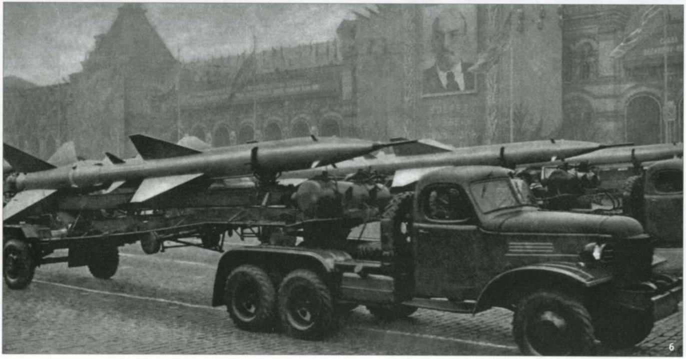




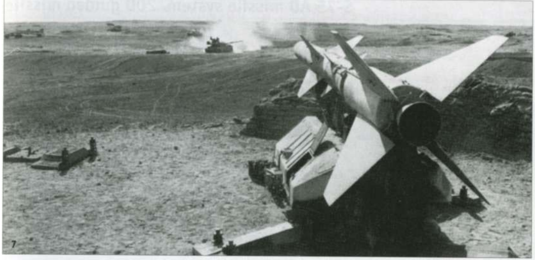


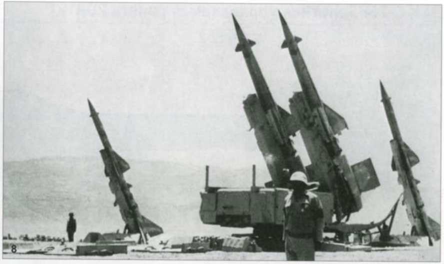


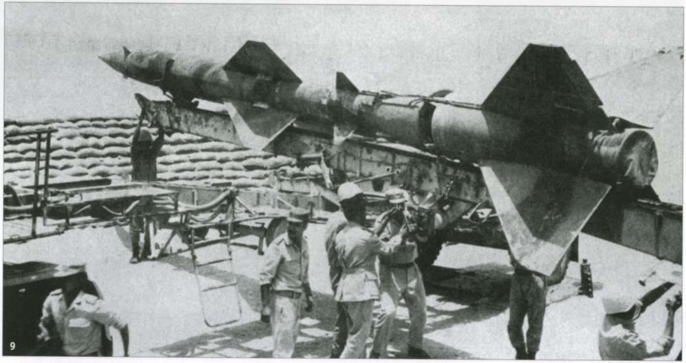




1. *Подготовка ракеты 13Д к пуску*
   13D missile being prepared for launch
2. *Приемник воздушного давления*
   Pressure head
3. *Крыльевой блок маршевой ступени*
   Sustainer control surface unit
4. *Аэродинамические рули*
   Aerodynamic control surfaces
5. *Стартовый ускоритель*
   Booster
6. *Ракеты 13Д на параде на Красной площади*
   13D missiles at a parade (Red Square, Moscow)

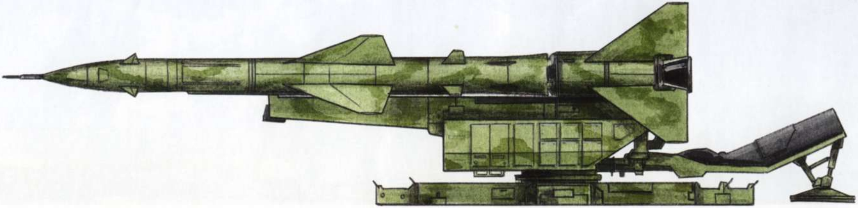






7,8,9. *Ракеты 13Д во время боевых действий на Ближнем Востоке (Египет, 1973 г.). На фото 8 в центре ракеты 5В24*

13D missiles' combat employment in the Middle East (Egypt, 1973). Photo 8, center: 5V24 missiles



Глубокая модернизация ракеты 13Д. Модернизация проводилась с использованием более совершенной бортовой радиоаппаратуры, боевого снаряжения, стартовой и маршевой двигательных установок. Это позволило увеличить зону поражения воздушных целей по дальности и высоте, обеспечить большую помехозащищенность ракеты, повысить эффективность поражения низколетящих и высокоскоростных целей.

20Д представляет собой двухступенчатую ракету, выполненную по нормальной аэродинамической схеме, с установленными в передней части ракеты дестабилизаторами. Управление полетом и наведение на цель осуществляются по радиокомандам, которые поступают от наземной станции наведения. Подрыв боевой части производится при подлете к цели по команде радиовзрывателя либо по команде, поступающей от наземной станции наведения.

Первая ступень 20Д – твердотопливный ракетный двигатель с установленными на нем стабилизаторами, вторая ступень оснащена жидкостной двигательной установкой с насосной системой подачи компонентов топлива в двигатель. Конструктивно маршевая ступень 20Д состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, осколочно-фугасная боевая часть, блоки бортовой аппаратуры, баки с компонентами топлива, жидкостный ракетный двигатель, агрегаты управления рулями ракеты, приемник команд управления.

Ракета выпускалась в различных модификациях, в том числе 20ДА, 20ДП, 20ДУ, 20ДС, 20ДСУ.

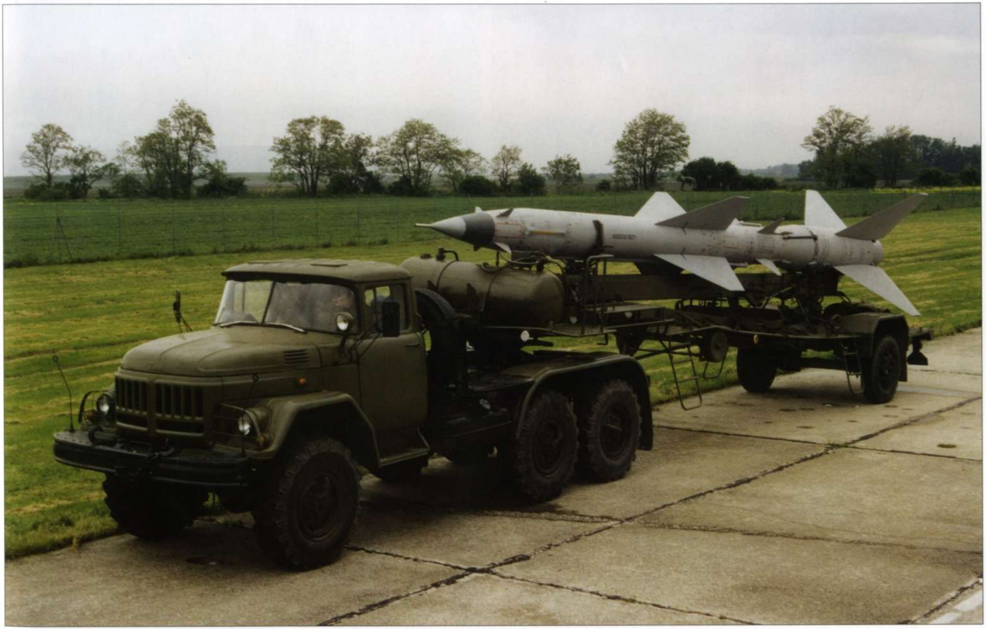
The 20D is a radically modernized version of the 13D missile. It featured the use of upgraded onboard electronic equipment and armament, booster and sustainer propulsion plants that allowed increasing the kill zone of air targets in range and altitude, the missile's jamming immunity and its effectiveness against low-altitude and high-speed targets.

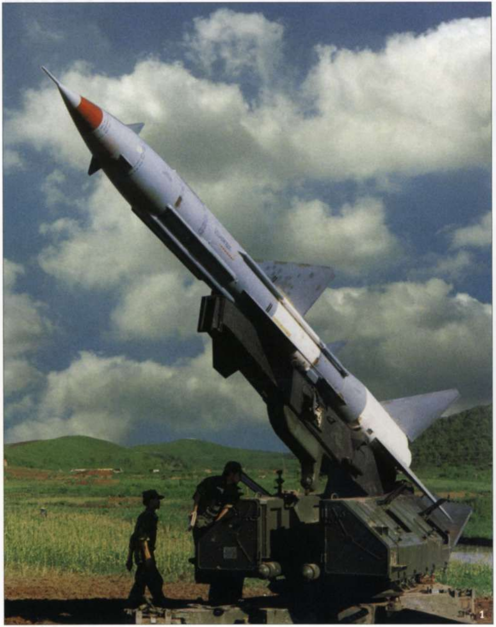
The 20D is a two-stage missile employing a normal aerodynamic scheme with canard surfaces mounted in the fore part of the missile. The missile is fired at an angle from a launcher laid in elevation and azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a ground guidance radar. The warhead is detonated in proximity to the target by a command either from a radar fuze or from a ground guidance radar.

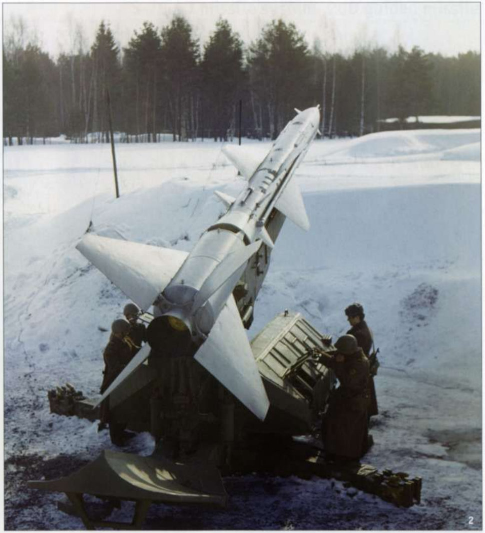
The first stage of the 20D is a solid-propellant rocket engine with stabilizing fins; the second stage is fitted with a liquid-propellant pump-feed engine.

Structurally, the sustainer stage of the 20D missile consists of a number of sections housing a radar fuze, a HE fragmentation warhead, onboard equipment units, propellant tanks, a liquid-propellant rocket engine, missile control surface actuators, and a control command receiver.

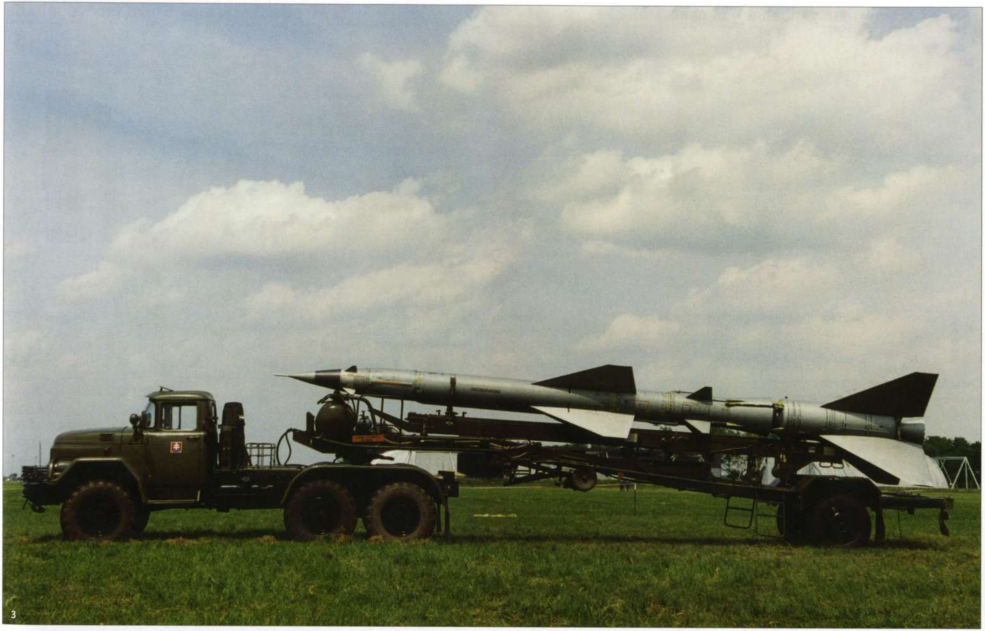
There were several modifications of the missile, including the 20DA, 20DP, 20DU, 20DS, 20DSU versions.



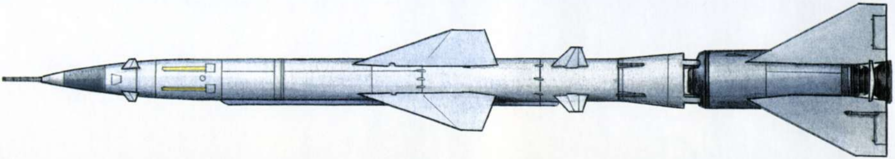




1. *Ракета 20Д во Вьетнаме*
   20D missile in Vietnam
2. *Подготовка ракеты 20Д к пуску*
   20D missile being prepared for launch
3. *Ракета 20Д на транспортно-заряжающей машине (Армия Словакии)*
   20D missile on the transporting-loading vehicle (Army of Slovakia)



3



Модернизация ракеты 20Д. Модернизация проводилась с использованием более совершенной бортовой радиоаппаратуры, боевого снаряжения, стартовой и маршевой двигательных установок. Это позволило увеличить зону поражения воздушных целей по дальности, снизить минимальную высоту поражения, а также повысить эффективность поражения малоразмерных низколетящих и маневрирующих целей.

5Я23 представляет собой двухступенчатую ракету, выполненную по нормальной аэродинамической схеме, с установленными в передней части ракеты дестабилизаторами. Старт ракеты – наклонный, с пусковой установки, наводимой по углу и азимуту места. Управление полетом и наведение на цель осуществляются по радиокомандам, которые поступают от наземной станции наведения. Подрыв боевой части производится при подлете к цели по команде радиовзрывателя либо по команде, поступающей от наземной станции наведения.

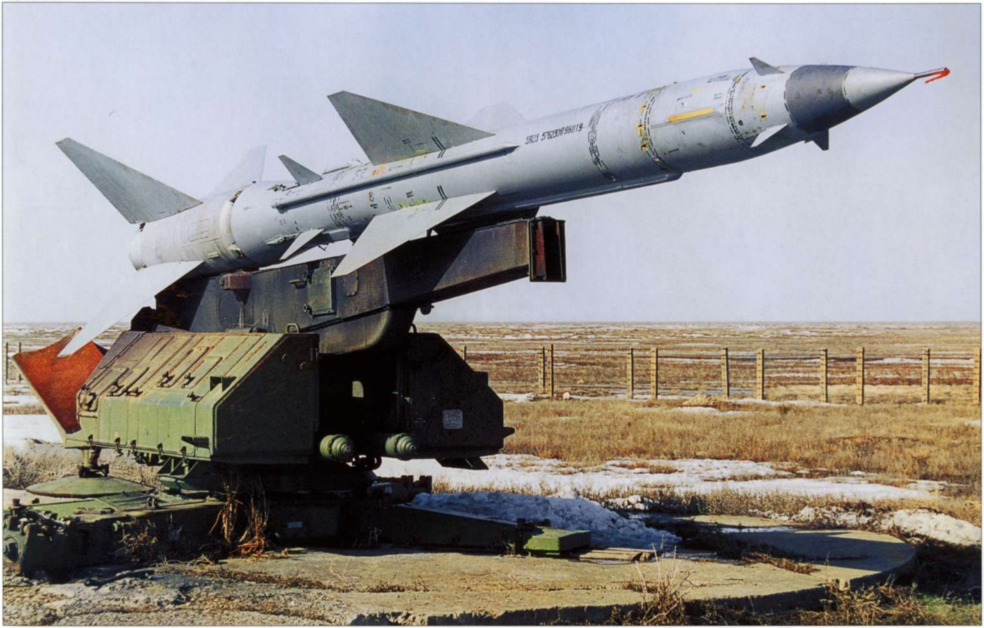
Первая ступень 5Я23 – твердотопливный ракетный двигатель с установленными на нем стабилизаторами, вторая ступень оснащена жидкостной двигательной установкой с насосной системой подачи компонентов топлива в двигатель. Конструктивно маршевая ступень 5Я23 состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, осколочно-фугасная боевая часть, блоки бортовой аппаратуры, баки с компонентами топлива, жидкостный ракетный двигатель, агрегаты управления рулями ракеты, приемник команд управления.

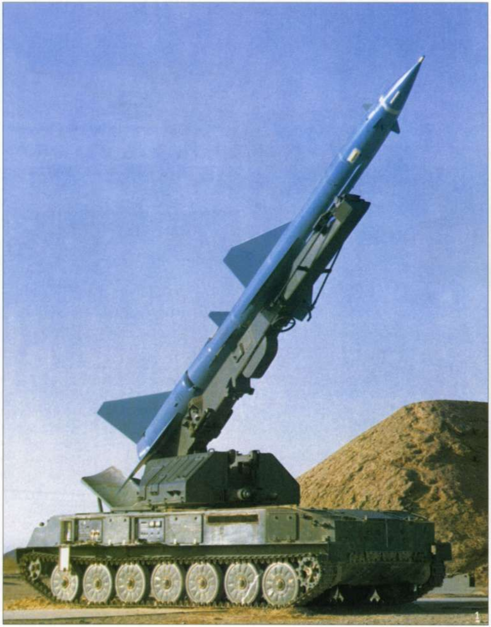
The 5Ya23 is a modernized version of the 20D missile. It featured the use of upgraded onboard electronic equipment and armament, booster and sustainer propulsion plants that allowed increasing the kill zone of air targets in range, decreasing the minimal effective altitude and increasing the missile's effectiveness against small-size low-altitude evading targets.

The 5Ya23 is a two-stage missile employing a normal aerodynamic scheme with canard surfaces mounted in the fore part of the missile. The missile is fired at an angle from a launcher laid in elevation and azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a ground guidance radar. The warhead is detonated in proximity to the target by a command either from a radar fuze or from a ground guidance radar.

The first stage of the 5Ya23 is a solid-propellant rocket engine with stabilizing fins; the second stage is fitted with a liquid-propellant pump-feed engine.

Structurally, the sustainer stage of the 5Ya23 missile consists of a number of sections housing a radar fuze, a HE fragmentation warhead, onboard equipment units, propellant tanks, a liquid-propellant rocket engine, missile control surface actuators, and a control command receiver.




1

2

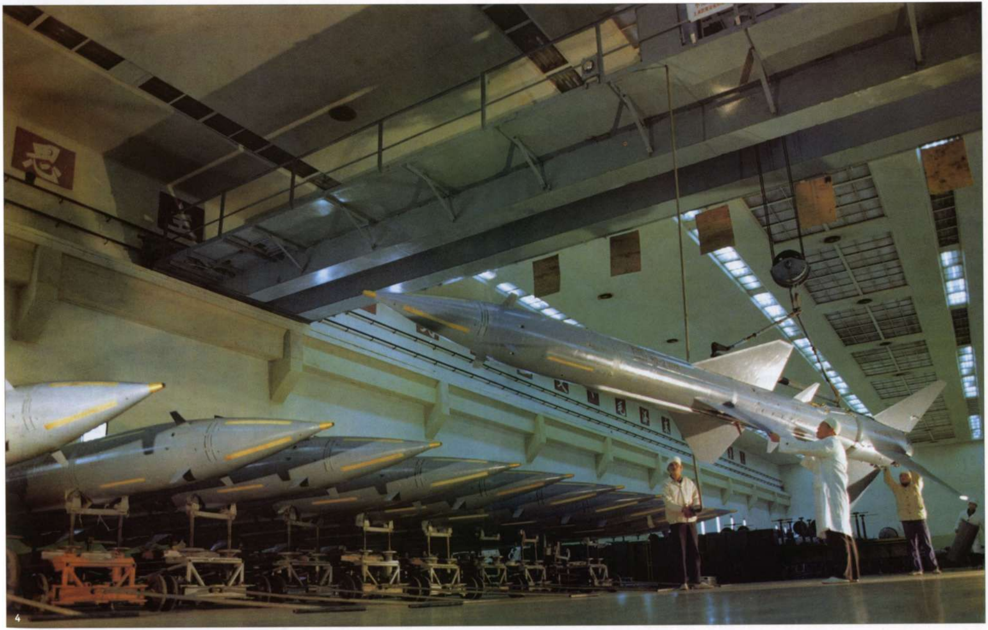
3

Варианты ракет для комплекса С-75 зарубежного производства:
Foreign-made versions of missiles designed for S-75 AD missile system:

1,2. *Ракеты “Хунцы-2В”, Китай*
HQ-2V missiles, China

3. *Ракеты “Сайад-1А”, Иран*
Sayad-1A missiles, Iran

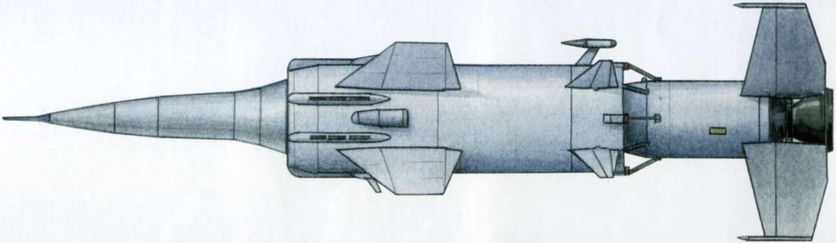
4. *Производство ракет “Хунцы-2В” в Китае*
HQ-2V missiles production in China



4

ЗРК С-75. Опытная зенитная управляемая ракета 17Д

S-75 AD missile system. 17D experimental guided missile



Разработку ЗУР 17Д начали в МКБ "Факел" в соответствии с выпущенным в июне 1958 года постановлением руководства страны, в котором давалось задание по модернизации ЗРК С-75. Новая ракета должна была поражать воздушные цели на дальностях до 40 км и высотах до 25 км, летящих со скоростями до 2300 км/ч.

Специалисты предприятия решили использовать в качестве маршевой двигательной установки ракеты твердотопливный ПВРД. Принцип его работы заключался в следующем. Газ, образующийся при сгорании специального твердого топлива в газогенераторе и содержащий значительное количество несгоревших частиц, поступал в камеру двигателя и догорал, смешиваясь с воздушным потоком, который попадал в камеру через воздухозаборник. По предварительным оценкам, подобный двигатель должен был обладать высоким удельным импульсом (более чем вдвое большим, чем применявшиеся в те годы ЖРД) и возможностью работать в широком диапазоне высот и скоростей, достаточно высоким удельным импульсом при малых скоростях полета и на больших высотах.

Двухступенчатая ракета 17Д выполнена по нормальной аэродинамической схеме. На корпусе маршевого двигателя размещены крылья и рули. Вторая ступень состояла из пяти отсеков, а ее корпус был выполнен аналогичным корпусу ракет "семейства" 1Д. Передняя часть маршевой ступени унифицирована с ракетой 20Д. В задней части маршевой сту-

The Fakel Engineering Design Bureau began to develop the 17D AD missile in compliance with the governmental resolution of June 1958 on upgrading the S-75 AD missile system. The new missile was to engage aerial targets moving at a speed of up to 2,300 km/h at ranges of up to 40 km and altitudes of up to 25 km.

Fakel's specialists decided to use a solid-propellant ramjet engine as the missile's sustainer. The ramjet featured the following operation principle. The gas generated in the process of burning of special solid fuel in a gas generator contained a considerable amount of unburned particles. When in the engine chamber, the gas finished burning being mixed with the air drawn into the engine through an inlet. According to the preliminary estimates, such engine was bound to feature a high specific impulse (twice exceeding the one of the liquid-propellant engines used at that time). The engine was also expected to function within a wide range of altitudes and speeds, and have a rather high specific impulse at low flight speeds and high altitudes.

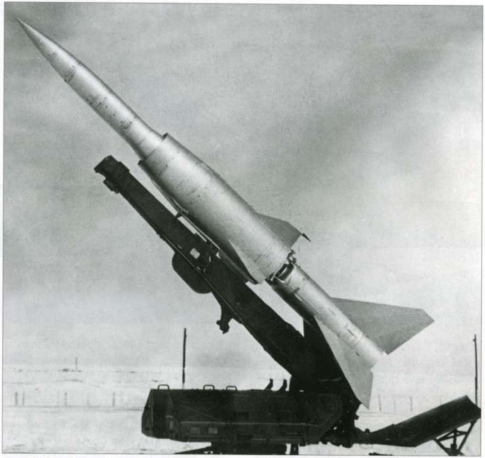
The 17D two-stage missile employed a normal aerodynamic configuration with wings and fins fixed on the sustainer engine's body. The second stage comprised five sections and its body construction was similar to that of the 1D missile family. The fore part of the sustainer was unified with the 20D missile. The rear part of the sustainer housed a gas generator with fuel and control surface actuators.

пени располагался газогенератор с топливом и механизмы управления рулями. В передней и задней частях ракеты на внешнем корпусе ПВРД размещались антенны. Ускоритель 17Д состоял из ракетного двигателя твердого топлива (РДТТ), четырех стабилизаторов, упорного конуса и хвостового отсека.

В 1960-1962 годах провели около сорока пусков 17Д, включая бросковые, автономные и пуски в замкнутом контуре управления. Для бросковых пусков, первый из которых состоялся 23 января 1960 года, изготовили специальные макетные образцы, конструкция и состав бортового оборудования которых значительно отличались от оборудования ракет, использованных при дальнейших испытаниях. С четвертого пуска, состоявшегося 22 апреля 1960 года, начался этап автономных испытаний. На этом этапе также было проведено десять пусков в замкнутом контуре управления.

Во время испытаний 17Д, проводившихся до лета 1962 года, была достигнута максимальная скорость полета 3,7М, средняя скорость при дальности активного участка полета 40 км – 820-860 м/сек, максимальная высота – 23 км. Масса испытывавшихся ракет составляла от 2635 до 3045 кг.

Результаты, полученные в процессе этих пусков, оказали значительное влияние на проведение в МКБ "Факел" и в его московском филиале дальнейших работ в данном направлении, а также на поиски новых путей и конструктивных решений для достижения максимальной эффективности использования ПВРД в составе ЗУР.



В начале 1960-х годов велись работы по исследованию возможностей использования ЗУР 17Д в составе модернизированного ЗРК С-75, а также параллельно рассматривались возможности ее использования в составе ЗРК Сухопутных войск "Круг" и корабельного ЗРК М-31. Однако по ряду причин эти работы не нашли продолжения, и летом 1963 года все исследования по ЗУР 17Д были прекращены.

Antennas were fixed in the fore and rear parts of the missile, on the ramjet's outer body. The 17D booster comprised a solid-propellant engine, four stabilizing fins, a thrust cone, and a tail section.

In 1960-1962, about forty launches of the 17D took place, including drop launches, self-sustained and closed control loop launches. The design and configuration of the onboard equipment used in the models built for the first drop launches (the first one took place on January 23, 1960) significantly differed from those of the missiles used in the subsequent tests. The self-sustained tests began with the fourth launch on April 22, 1960. Ten closed control loop launches were also held at this stage.

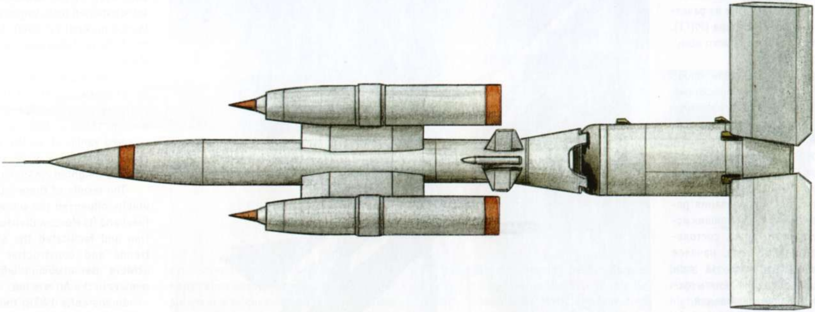
In the course of the 17D testing, which lasted till the summer of 1962, the missile achieved a maximum speed of Mach 3.7, an average speed of 820-860 m/s given the powered range of 40 km, and reached a maximum altitude of 23 km. The tested missiles weighted 2,635-3,045 kg.

The results of these launches considerably influenced the subsequent work of Fakel and its Moscow division in this direction and facilitated the search for new trends and constructive solutions to achieve the maximum effectiveness of ramjets in the AD missiles.

In the early 1960s, the possibility of using the 17D missile in the upgraded S-75 AD missile system was studied simultaneously with the possibility of using the 17D both with the Krug AD missile system for the Army and the M-31 shipborne AD missile system. However, due to some reasons the work was discontinued, and in the summer of 1963 all research activities on the 17D missile were stopped.

ЗРК С-75. Опытная зенитная управляемая ракета 22Д

S-75 AD missile system. 22D experimental guided missile



Разработка ЗУР 22Д, предназначавшейся для использования в модернизированном варианте ЗРК С-75, была начата в МКБ "Факел" в соответствии с решением правительственной комиссии по военно-промышленным вопросам, принятым в апреле 1961 года. Но, из-за задержек в модернизации других элементов ЗРК, требования к новой ЗУР в полном объеме были утверждены только в июне 1963 года. В соответствии с ними ЗУР 22Д должна была поражать воздушные цели на дальностях до 60 км, летящие на высотах до 35 км со скоростью до 3000 км/ч.

В основу разработки ЗУР 22Д были положены полученные к тому времени результаты испытаний 17Д. Однако, в связи с необходимостью значительного улучшения характеристик, компоновочную схему, принятую для 17Д, пришлось радикально переработать. В окончательном виде ракета 22Д стала трехступенчатой, что позволяло осуществлять различные варианты перехвата. Так, при полете к цели, находящейся на максимальной

The development of the 22D missile for an upgraded version of the S-75 AD missile system began at the Fakel Engineering Design Bureau in compliance with a resolution of the governmental Commission on military-technical affairs adopted in April 1961. However, due to the delays in upgrading other components of the AD missile system, the technical requirements of the proposed AD missile were finally approved as late as in June 1963. According to these specifications, the 22D missile was to engage aerial targets flying at a speed of up to 3,000 km/h at ranges of up to 60 km and altitudes of up to 35 km.

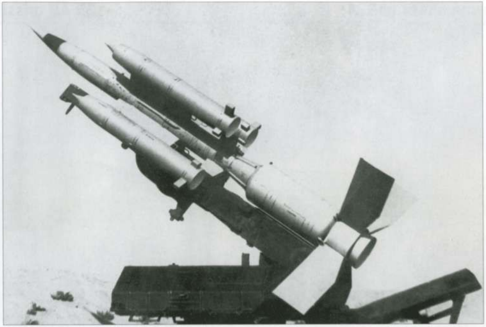
The 17D missile's test data that was available at that time became the basis for the development of the 22D missile. However, due to the need of considerable improvement of the missile's performance characteristics, the 17D layout had to be radically revised. In its final version, the 22D missile comprised three stages, which made it possible to apply various interception modes. Thus, when approaching the

дальности активного полета ракеты и на высотах менее 20 км, топливо ракетно-прямоточных двигателей должно было использоваться полностью, после чего они сбрасывались с помощью пироцилиндров. При полете к цели, находящейся на высоте более 20 км, маршевые ракетно-прямоточные двигатели могли сбрасываться в любой момент их работы. Непосредственно перед сбросом должен был запускаться твердотопливный двигатель третьей ступени.

Первая ступень 22Д включала в себя ускоритель со стабилизаторами, использовавшийся также и для 17Д. Основное внешнее отличие ракеты от 17Д состояло в установке на концах крыльев 22Д четырех твердотопливных ПВРД второй ступени. Топливо для них, почти на треть состоявшее из алюминиево-магниевого порошка, обладало высокими энергетическими характеристиками.

Третья ступень 22Д состояла из пяти отсеков. В первом находился радиовзрыватель, во втором – осколочно-фугасная боевая часть, в третьем – аппаратура управления, в четвертом – твердотопливный ракетный двигатель и в пятом – газоотводная труба с сопловым блоком и приводом системы управления.

Первый пуск 22Д состоялся 27 декабря 1963 года. Испытания ракеты продолжались до августа 1966 года. В 1966 году также состоялось несколько пусков 22Д, оснащенной жидкостными ПВРД, разработанными в ОКБ-670 под руководством М.М. Бондарюка.



На испытаниях 22Д при работе третьей ступени была достигнута максимальная скорость 4,8М (с работающими ПВРД ракета разгонялась до скорости 3,9М), высота ее полета превышала 30 км. Стартовая масса испытывавшихся ракет составляла 3110-3260 кг.

В середине 60-х годов результаты, полученные в процессе испытаний 22Д, демонстрировали значительный прогресс в развитии зенитных ракет. Однако к моменту принятия решения о дальнейшей судьбе 22Д на вооружении уже находились ЗУР 20Д, характеристики которых полностью соответствовали возможностям средств ЗРК С-75, и поэтому продолжение работ по использованию в составе этого комплекса ЗУР с ракетно-прямоточными двигателями было признано нецелесообразным.

targets located at the missile's powered flight range limit and at altitudes below 20 km, the ramjet engines fuel was to be completely used up followed by the separation of the engines by means of pyro devices. When heading to the targets located above 20 km, the running ramjet sustainers could be separated at any moment. The solid-propellant engine of the third stage was to be activated just before the separation.

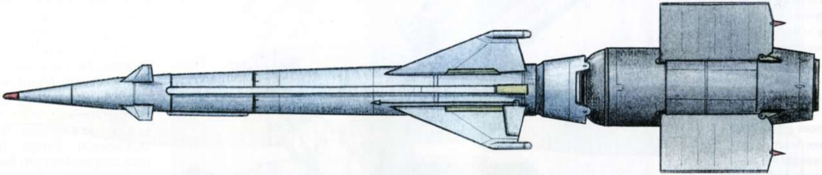
The first stage of the 22D comprised a booster with stabilizing fins (used also in the 17D). By appearance, the 22D differed from the 17D in four solid-propellant ramjet engines of the second stage fixed on its wing tips. The engines ran on high-energy fuel that almost by one third consisted of aluminum-magnesium powder.

The third stage of the 22D comprised five sections. A radio fuze was fixed in the first section, a HE fragmentation warhead – in the second, control equipment – in the third, a solid-propellant engine – in the fourth, and an exhaust-gas duct with a nozzle cluster and a control actuator assembly – in the fifth one.

The 22D was first launched on December 27, 1963. The missile's testing continued until August 1966. In 1966, several launches of the 22D fitted with liquid-propellant ramjet engines were held. The engines were designed at the Experimental Design Bureau #670 (OKB-670) headed by M. Bondaryuk.

In the course of testing the 22D with the running engines of the third stage, a maximum speed of Mach 4.8 was achieved (with the running ramjets, the missile accelerated to Mach 3.9). Its flight altitude exceeded 30 km. The tested missiles' launch weight amounted to 3,110-3,260 kg.

In the mid-1960s, the results of the 22D testing signified a considerable progress in the development of the AD missiles. However, when the decision on the future of the 22D was to be taken, the 20D AD missile had already been adopted for service. Its performance characteristics fully suited the S-75 AD missile system. That is why the further employment of ramjet-powered missiles in this missile system was deemed inexpedient.



Зенитная управляемая ракета малой дальности 5В24 предназначена для поражения различных средств воздушного нападения: самолетов стратегической и тактической авиации, а также ракет воздушного базирования – в широком диапазоне условий их боевого применения.

5В24 представляет собой двухступенчатую ракету, выполненную по аэродинамической схеме "утка".

Старт ракеты – наклонный, с пусковой установки, наводимой по углу и азимуту места. Управление полетом и наведение на цель осуществляются по радиокомандам, которые поступают от наземной станции наведения. Подрыв боевой части осуществляется при подлете к цели по команде радиовзрывателя.

Первая ступень 5В24 – твердотопливный ускоритель с установленными на нем раскрываемыми после старта четырьмя стабилизаторами. Маршевая ступень ракеты также оснащена твердотопливной двигательной установкой. Конструктивно маршевая ступень 5В24 состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, агрегаты управления рулями ракеты, осколочно-фугасная боевая часть, блок бортовой аппаратуры, твердотопливный ракетный двигатель, приемники команд управления.

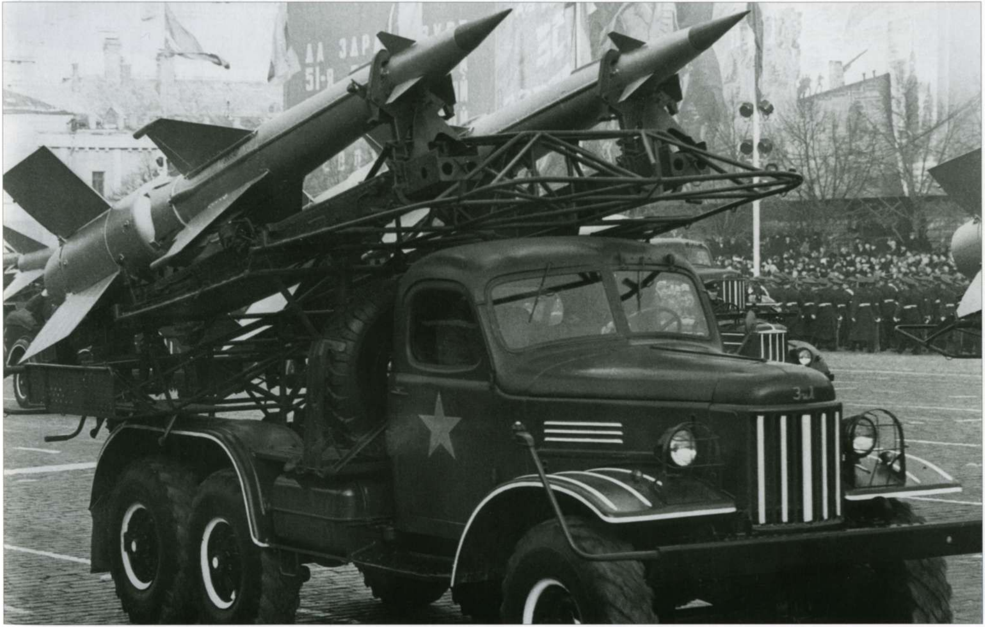
The 5V24 short-range AD missile is intended to engage various air attack weapons such as strategic and tactical aircraft and airborne missiles, in a wide range of their combat use.

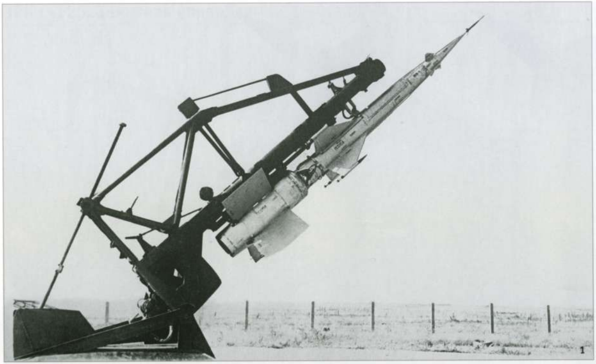
The 5V24 is a two-stage missile employing a canard aerodynamic configuration.

The missile is fired at an angle from a launcher laid in elevation and azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a ground guidance radar. The warhead is initiated by commands from a radar fuze in the proximity to the target.

The first stage of the 5V24 is a solid-propellant booster with four stabilizing fins unfolded after launch. The sustainer stage of the missile is also fitted with a solid-propellant engine.

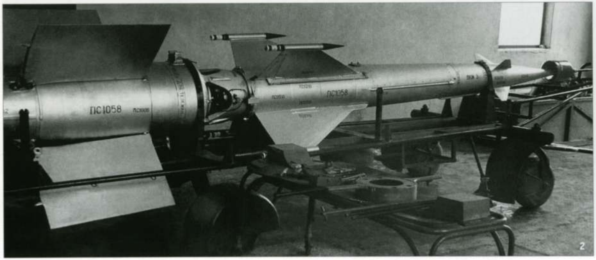
Structurally, the 5V24 sustainer stage comprises a number of sections housing a radar fuze, control surface actuators, a HE fragmentation warhead, an onboard equipment unit, a solid-propellant engine, and control command receivers.


ДА ЗДР
51-Я
ЗИЛ

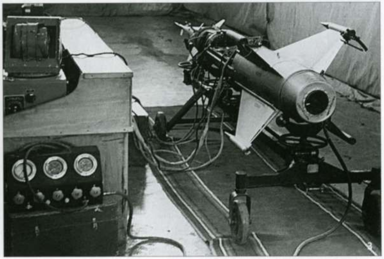


1

1. *Ракета 5В24 во время испытаний, 1958 г.*
   5V24 missile during tests, 1958
2. **2,3.** *Подготовка ракеты 5В24 к пуску*
   5V24 missile being prepared for launch
4. *Загрузка ракет 5В24 в самолет АН-12*
   Loading 5V24 missiles into An-12 aircraft
5. **5,6.** *Самолеты, сбитые ракетами 5В24 во время боевых действий в Египте*
   Aircraft downed by 5V24 missiles during combat actions in Egypt
7. *Ракеты 5В24 в Египте*
   5V24 missiles in Egypt



2



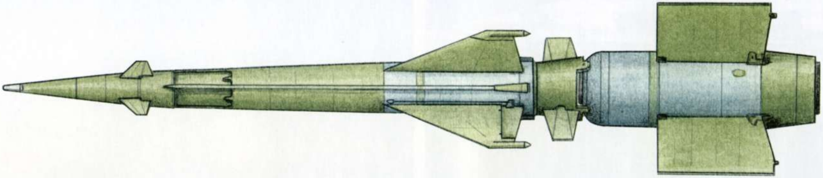
3

4

5

6

7



Глубокая модернизация ракеты 5В24. Основными направлениями модернизации стали: использование более эффективного маршевого двигателя, боевого снаряжения и ряда элементов бортовой аппаратуры. Выполнение модернизации позволило увеличить зону поражения воздушных целей по дальности и высоте, увеличить эффективность поражения высокоскоростных целей.

Управление полетом и наведение на цель осуществляются по радиокомандам, которые поступают от наземной станции наведения. Подрыв боевой части осуществляется при подлете к цели по команде радиовзрывателя.

Первая ступень 5В27 – твердотопливный ускоритель с установленными на нем раскрываемыми после старта четырьмя стабилизаторами и двумя тормозными поверхностями, которые служат для уменьшения дальности полета ускорителя после его отделения. Маршевая ступень ракеты также оснащена твердотопливной двигательной установкой. Конструктивно маршевая ступень 5В27 состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, агрегаты управления рулями ракеты, осколочно-фугасная боевая часть, блок бортовой аппаратуры, твердотопливный ракетный двигатель, приемники команд управления.

Ракета выпускалась в различных модификациях, в том числе 5В27Г, 5В27ГП, 5В27ГПС, 5В27ГПУ, 5В27Д.

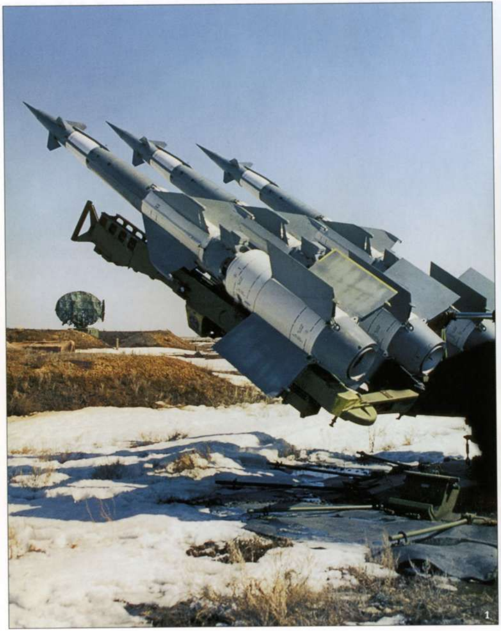
The 5V27 is a radically modernized version of the 5V24 missile. It features an upgraded sustainer, armament and some units of onboard electronic equipment. The modernization allows increasing the kill zone of air targets in range and altitude, and speed of the targets to be engaged.

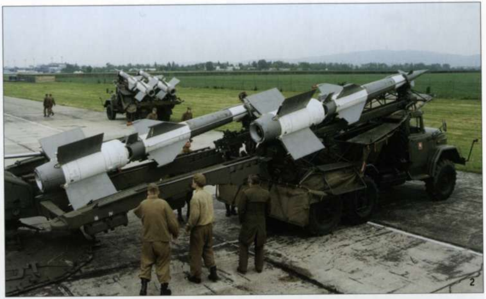
Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a ground guidance radar. The warhead is initiated by commands from a radar fuze in the proximity to the target.

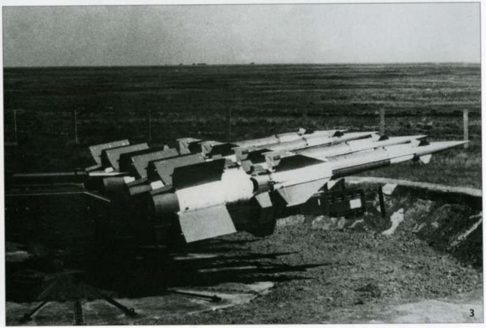
The first stage of the 5V27 is a solid-propellant booster with four stabilizing fins unfolded after launch and two braking surfaces fixed on the booster. The braking surfaces serve to reduce the booster's flight range after its separation from the missile. The sustainer stage of the missile is also fitted with a solid-propellant engine.

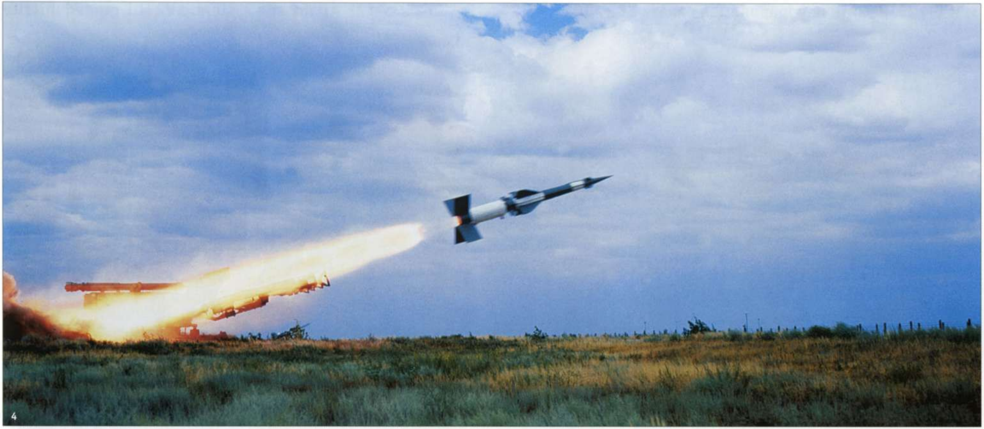
Structurally, the 5V27 sustainer stage comprises a number of sections housing a radar fuze, control surface actuators, a HE fragmentation warhead, an onboard equipment unit, a solid-propellant engine, and control command receivers.

There have been several modifications of the missile, including the 5V27G, 5V27GP, 5V27GPS, 5V27GPU, 5V27D versions.


1


2


3

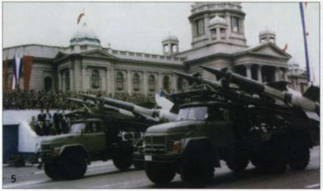


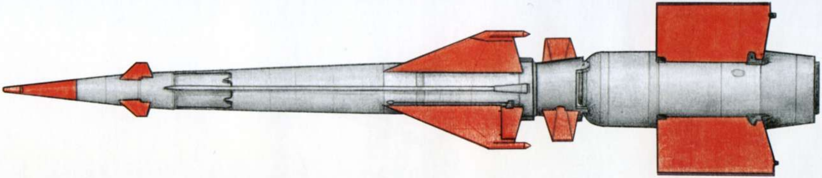
1,3. *Ракеты 5В27 на пусковой установке*
5V27 missiles on the launcher

2. *Заряжание ракетами 5В27 пусковой установки*
Launcher being loaded with 5V27 missiles

4. *Пуск ракеты 5В27*
Launch of 5V27 missile

5. *Ракеты 5В27 Армии Югославии, сбившие 27 марта 1999 года самолет-невидимку F-117A (**6,7**)*
*5V27 missiles of the Army of Yugoslavia that downed F-117A Stealth aircraft (**6,7**) on March 27, 1999*





Модернизация ракеты 5В27Д. Основными направлениями модернизации стали: использование в стартовом двигателе более эффективного твердого топлива, использование эффективного боевого снаряжения, замена ряда элементов бортовой аппаратуры. Выполнение модернизации позволило значительно увеличить зону поражения воздушных целей по дальности и высоте (нижняя граница зоны поражения составляет 20 м), обеспечить эффективное поражение существующих и перспективных средств воздушного нападения, включая различные виды высокоточного оружия.

Управление полетом и наведение на цель осуществляются по радиокомандам, которые поступают от наземной станции наведения. Подрыв боевой части осуществляется при подлете к цели по команде радиовзрывателя.

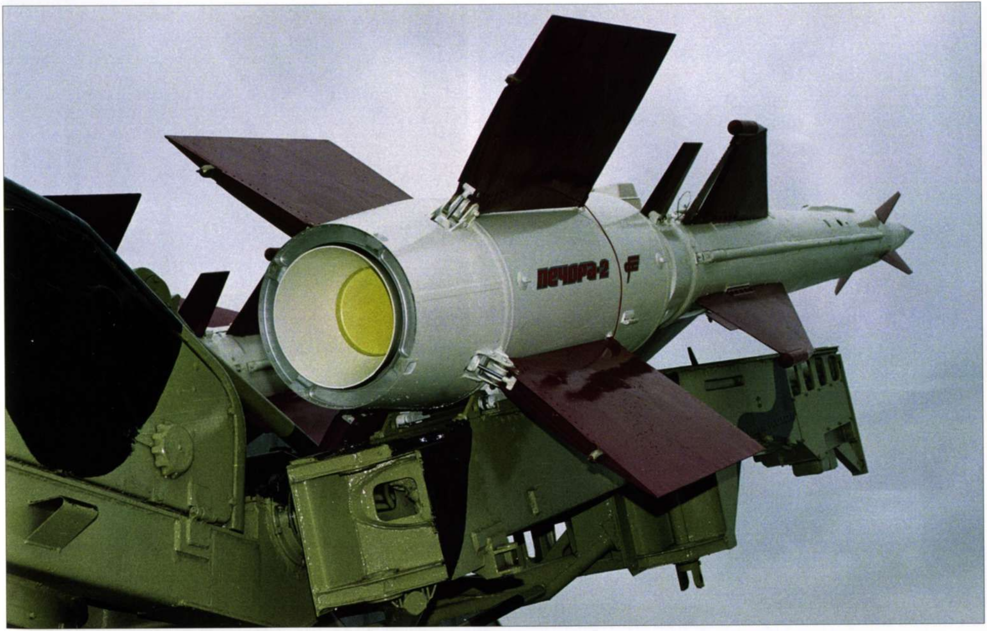
Первая ступень 5В27ДЕ – твердотопливный ускоритель с установленными на нем раскрываемыми после старта четырьмя стабилизаторами и двумя тормозными поверхностями, которые служат для уменьшения дальности полета ускорителя после его отделения. Маршевая ступень ракеты также оснащена твердотопливной двигательной установкой. Конструктивно маршевая ступень 5В27ДЕ состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, агрегаты управления рулями ракеты, осколочно-фугасная боевая часть, блок бортовой аппаратуры, твердотопливный ракетный двигатель, приемники команд управления.

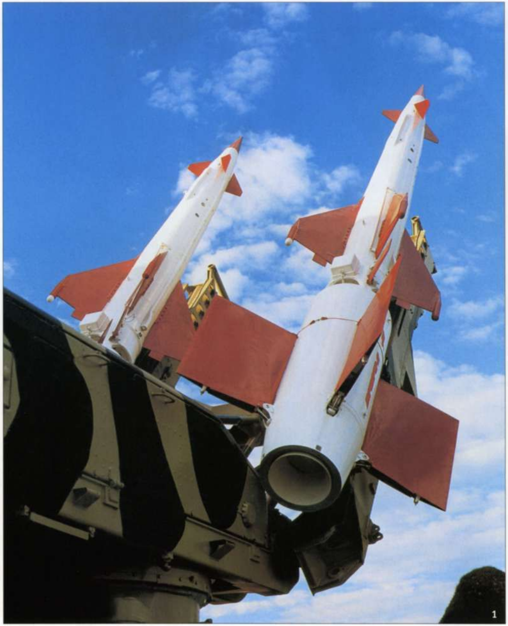
The 5V27DE is a modernized version of the 5V27D missile. It features employment of more effective solid propellant for the booster, use of upgraded armament, and replacement of some units of the onboard electronic equipment. The modernization allows increasing the kill zone of air targets in range and altitude (lower limit is 20 m), ensuring the effective engagement of the in-service air attack means and those under development, including different types of high-precision weapons.

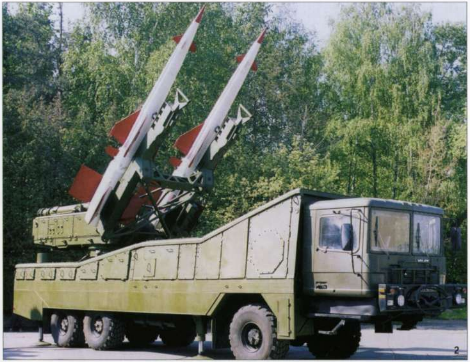
Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a ground guidance radar. The warhead is initiated by commands from a radar fuze in the proximity to the target.

The first stage of the 5V27DE is a solid-propellant booster with four stabilizing fins unfolded after launch and two braking surfaces fixed on the booster. The braking surfaces serve to reduce the booster's flight range after its separation from the missile. The sustainer stage of the missile is also fitted with a solid-propellant engine.

Structurally, the 5V27DE sustainer stage comprises a number of sections housing a radar fuze, control surface actuators, a HE fragmentation warhead, an onboard equipment unit, a solid-propellant engine, and control command receivers.


ПЕЧОРА-2

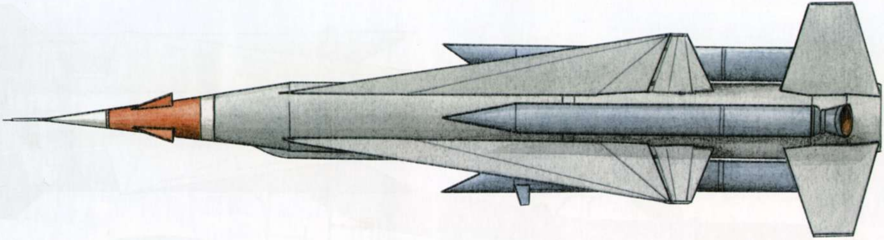




1. *Ракеты 5В27ДЕ*
   5V27DE missiles
2. *Ракеты 5В27ДЕ на пусковой установке*
   5V27DE missiles on the launcher

ЗРК С-175. Зенитная управляемая ракета В-850 (проект)

S-175 AD missile system. V-850 guided missile (project)



В 1956-1957 годах в МКБ "Факел" проведены работы по изучению возможности создания ЗУР В-850 для передвижной зенитной ракетной системы С-175, обладавшей большей дальностью действия, чем созданная к тому времени система С-75.

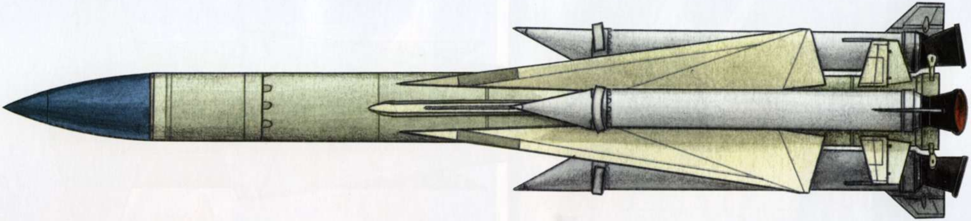
В-850 представляла собой двухступенчатую ракету, выполненную по нормальной аэродинамической схеме, с установленными в передней части ракеты дестабилизаторами, с четырьмя треугольными крыльями большого удлинения, рулями и стабилизаторами. Старт ракеты – наклонный, с пусковой установки, наводимой по углу и азимуту места. Управление полетом ракеты и наведение ее на цель осуществляется по радиокомандам, которые поступают от наземной станции наведения.

Первая ступень В-850 представляет собой четыре твердотопливных двигателя, установленных на маршевой ступени ракеты между крыльями. Вторая ступень оснащена жидкостной двигательной установкой с насосной системой подачи компонентов топлива в двигатель. Конструктивно маршевая ступень В-850 состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, боевая часть, блоки бортовой аппаратуры, баки с компонентами топлива, жидкостный ракетный двигатель, агрегаты управления рулями ракеты, приемник команд управления.

In 1956-1957, the Fakel Engineering Design Bureau studied the possibility of creating the V-850 missile for the S-175 mobile AD missile system, which featured a longer operating range compared to the earlier created S-75 system.

The V-850 was a two-stage missile employing a normal aerodynamic configuration with destabilizers mounted in the fore part of the missile, four high-aspect delta wings, control surfaces and stabilizing fins. The missile is launched at an angle from a launcher laid in elevation and azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a ground guidance radar.

The first stage of the V-850 consists of four solid-propellant engines arranged in the sustainer stage of the missile, between its wings. The second stage is fitted with a liquid-propellant pump-feed engine. Structurally, the sustainer stage of the V-850 consists of a number of sections housing a radar fuze, a warhead, onboard equipment units, propellant tanks, a liquid-propellant rocket engine, missile control surface actuators and a control command receiver.



Зенитная управляемая ракета большой дальности 5В21 предназначена для поражения различных средств воздушного нападения: самолетов стратегической и тактической авиации, а также крылатых ракет воздушного и наземного базирования – в широком диапазоне условий их боевого применения.

5В21 представляет собой двухступенчатую ракету, выполненную по нормальной аэродинамической схеме, с четырьмя треугольными крыльями большого удлинения.

Старт ракеты – наклонный, с постоянным углом возвышения, с пусковой установки, наводимой по азимуту места. Управление полетом и наведение на цель осуществляется с помощью установленной на ракете полуактивной радиолокационной головки самонаведения.

Первая ступень 5В21 представляет собой четыре твердотопливных двигателя, установленных на маршевой ступени ракеты между крыльями. Вторая ступень оснащена жидкостной двигательной установкой с насосной системой подачи компонентов топлива в двигатель. Конструктивно маршевая ступень 5В21 состоит из ряда отсеков, в которых расположены: полуактивная радиолокационная головка самонаведения, блоки бортовой аппаратуры управления полетом ракеты, осколочно-фугасная боевая часть, баки с компонентами топлива, жидкостный ракетный двигатель, агрегаты управления рулями ракеты.

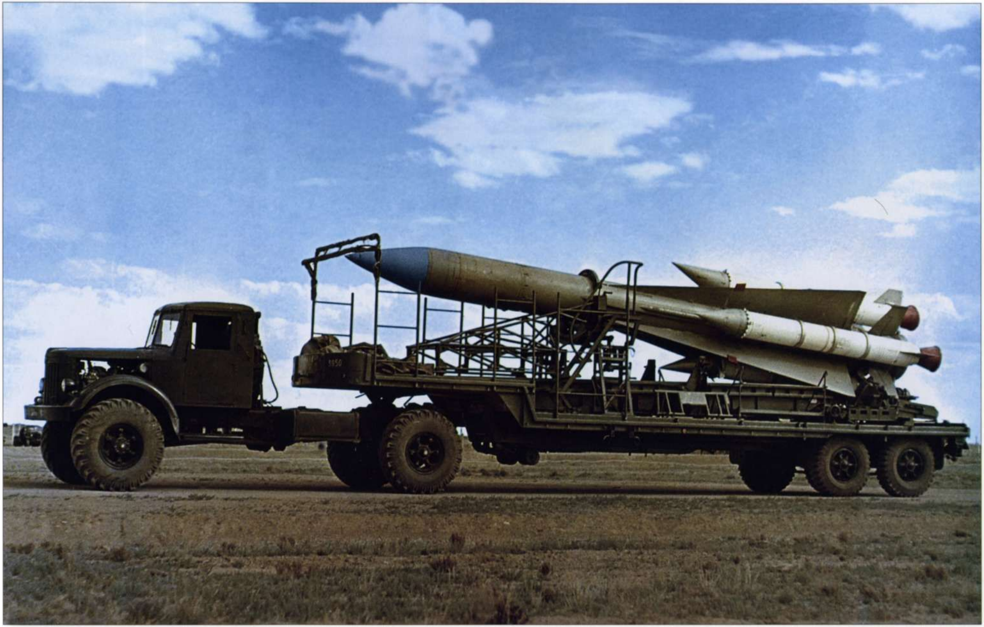
The 5V21 AD long-range missile is intended to engage various air attack weapons: strategic and tactical aircraft, as well as air-launched and ground-launched cruise missiles in a wide range of their combat use.

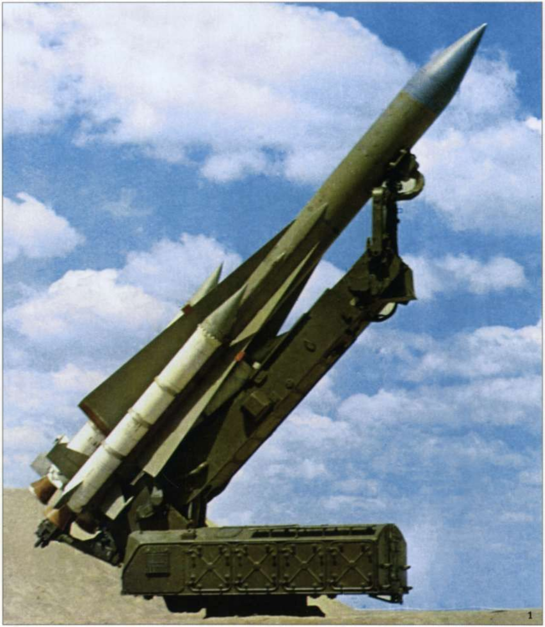
The 5V21 is a two-stage missile employing a normal aerodynamic configuration with four high-aspect delta wings.

The missile is fired from an oblique constant elevation launcher laid in azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via a semiactive radar homing head mounted on the missile.

The first stage of the 5V21 consists of four solid-propellant engines mounted on the sustainer stage of the missile, between its wings. The second stage is fitted with a liquid-propellant pump-feed engine.

Structurally, the 5V21 sustainer stage consists of a number of sections housing a semiactive radar homing head, onboard flight control equipment units, a HE fragmentation warhead, propellant tanks, a liquid-propellant rocket engine, and control surface actuators.


1050


1

4

5

6

2

3

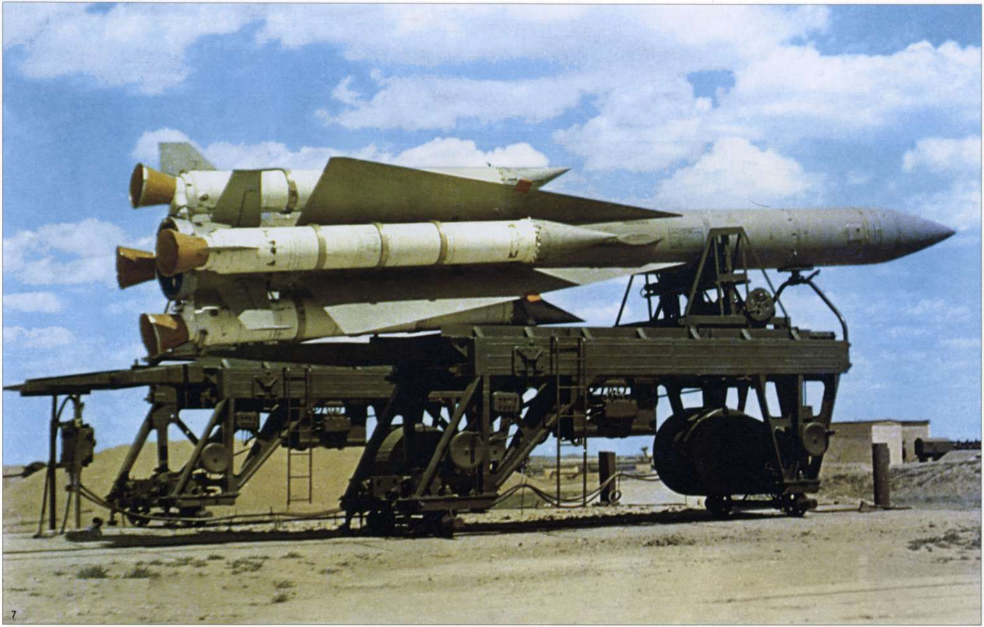
1. *Ракета 5В21 на пусковой установке*
5V21 missile on the launcher

2,3. *Старт ракеты 5В21А*
Launch of 5V21A missile

4,5. *Отделение ускорителей*
Separation of boosters

6. *Поражение цели*
Hitting the target

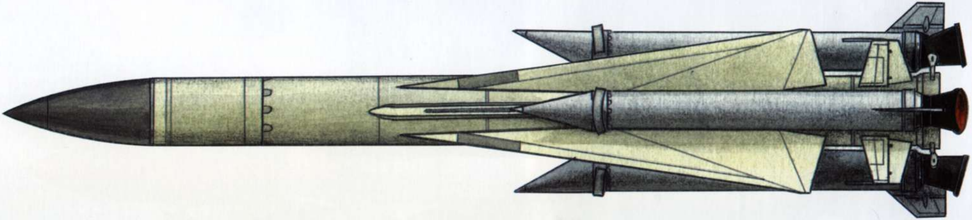
7. *Ракета 5В21В на автоматической заряжающей установке*
5V21V missile on the automatic loader



7

ЗРК С-200. Зенитная управляемая ракета 5В28

S-200 AD missile system. 5V28 guided missile



Глубокая модернизация ракеты 5В21. Основные направления модернизации: установка более совершенных элементов бортовой аппаратуры, бортового источника питания, ампулизированной маршевой двигательной установки. Модернизация позволила значительно увеличить зону поражения воздушных целей по дальности и высоте, повысить эффективность поражения высокоскоростных целей.

Старт ракеты – наклонный, с постоянным углом возвышения, с пусковой установки, наводимой по азимуту места. Управление полетом и наведение на цель осуществляется с помощью установленной на ракете полуактивной радиолокационной головки самонаведения.

Первая ступень 5В28 представляет собой четыре твердотопливных двигателя, установленных на маршевой ступени ракеты между крыльями. Вторая ступень оснащена жидкостной двигательной установкой с насосной системой подачи компонентов топлива в двигатель. Конструктивно маршевая ступень 5В28 состоит из ряда отсеков, в которых расположены: полуактивная радиолокационная головка самонаведения, блоки бортовой аппаратуры управления полетом ракеты, осколочно-фугасная боевая часть, баки с компонентами топлива, жидкостный ракетный двигатель, агрегаты управления рулями ракеты.

Ракета выпускалась в различных модификациях, в том числе 5В28М.

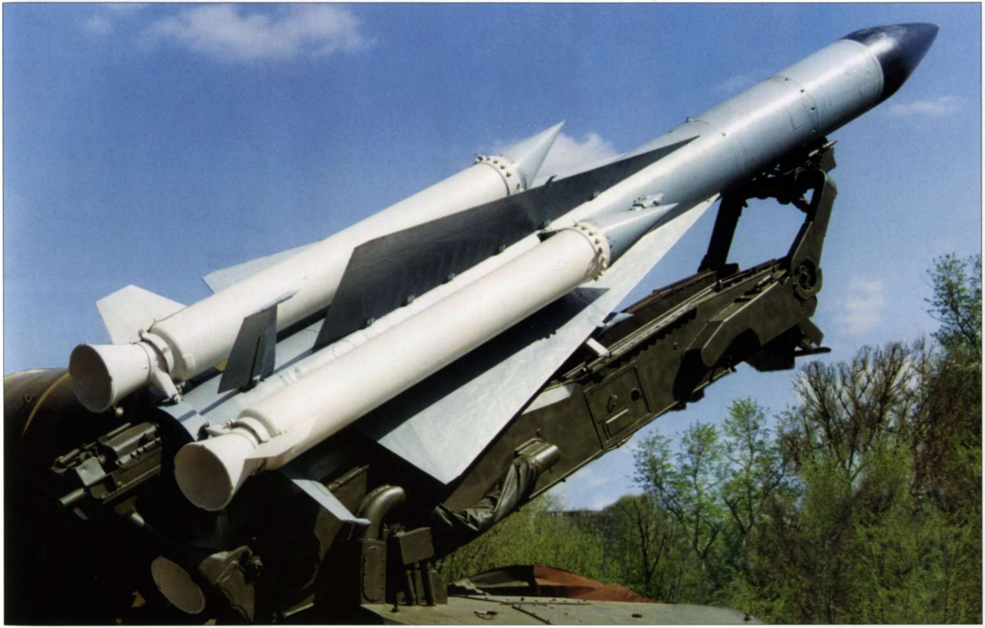
The 5V28 is a radically modernized version of 5V21 missile. It features the use of upgraded onboard equipment units, onboard power source and sustainer propulsion plant capsule that allowed the designers to substantially increase the kill zone of air targets in range and altitude, as well as the speed of the targets to be engaged.

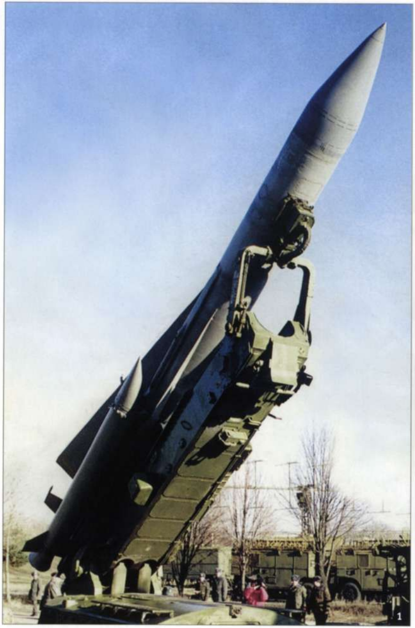
The missile is launched at an angle with a fixed elevation from a launcher laid in azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via a semi-active radar homing head mounted on the missile.

The first stage of the 5V28 consists of four solid-propellant engines mounted in the sustainer stage of the missile, between its wings. The second stage is fitted with a liquid-propellant pump-feed engine.

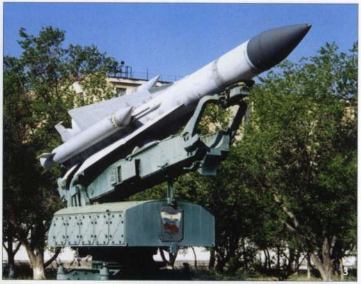
Structurally, the sustainer stage of the 5V28 consists of a number of sections housing a semiactive radar homing head, onboard flight control equipment units, a HE fragmentation warhead, propellant tanks, a liquid-propellant rocket engine, and missile control surface actuators.

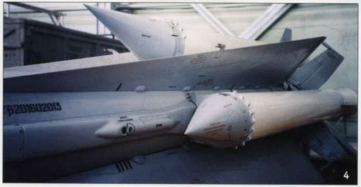
There were several modifications of the missile, including the 5V28M version.

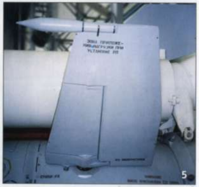



1

2


3


4


5

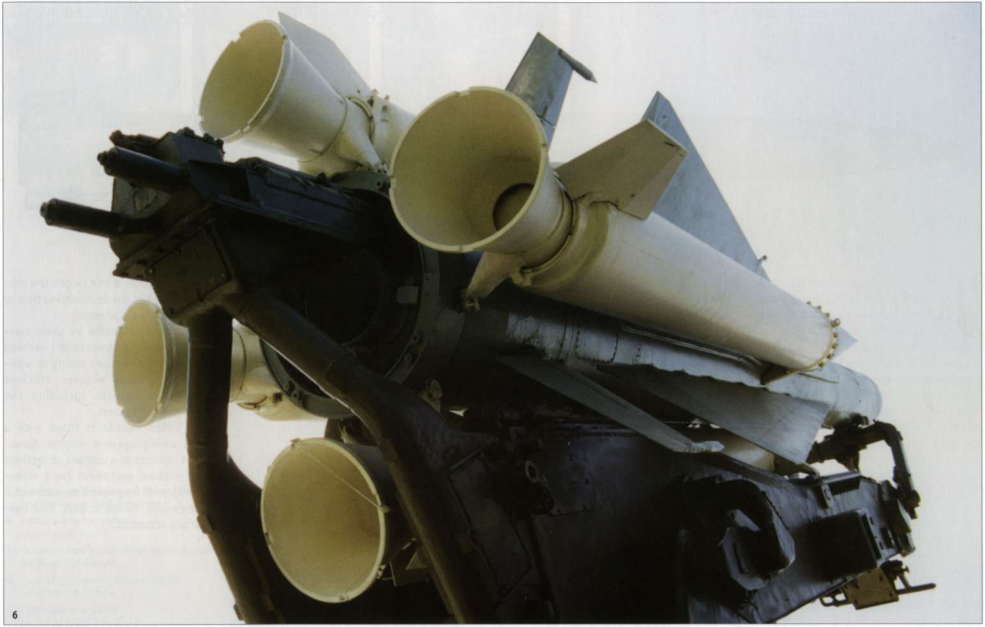
1,3. *Ракета 5В28 на полигоне*
5V28 missile at a firing range

2. *Старт ракеты 5В28*
Launch of 5V28 missile

4. *Блок стартовых ускорителей*
Boost cluster

5. *Аэродинамический руль*
Aerodynamic control surface

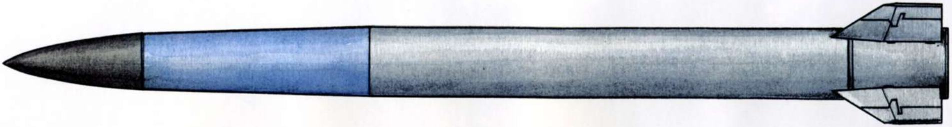
6. *Ракета 5В28*
5V28 missile



6

ЗРС С-300П. Зенитная управляемая ракета 5В55К

S-300P AD missile system. 5V55K guided missile



Зенитная управляемая ракета средней дальности 5В55К предназначена для поражения как современных, так и перспективных средств воздушного нападения: самолетов стратегической, тактической и морской авиации, стратегических крылатых ракет, авиационных ракет, тактических и оперативно-тактических баллистических ракет, беспилотных летательных аппаратов – в широком диапазоне условий их боевого применения.

Ракета эксплуатируется в герметичном транспортно-пусковом контейнере (ТПК) и не требует проверок и регулировок в течение всего срока службы.

5В55К – одноступенчатая ракета, выполненная по нормальной аэродинамической схеме, с раскрываемыми после старта рулями.

Старт ракеты – вертикальный, с помощью установленной в ТПК катапульты, без предварительного разворота пусковой установки в сторону цели. После запуска двигателя ракета склоняется в требуемом направлении в зависимости от положения цели при помощи газовых рулей-элеронов.

Для наведения ракеты на цель используется радиокомандный метод. Осколочно-фугасная боевая часть большой мощности в сочетании с высокими перегрузками, которые способна выдерживать ракета, обеспечивают эффективное поражение целей, в том числе и интенсивно маневрирующих.

Ракета 5В55К оснащена высокоэффективным твердотопливным двигателем. Конструктивно она состоит из ряда отсеков, в которых расположены: выполненная в виде моноблока бортовая аппаратура, осколочно-фугасная боевая часть, твердотопливный ракетный двигатель, агрегаты управления рулями.

The 5V55K medium-range missile is intended to engage the in-service air attack weapons as well as those under development, including strategic, tactical, and naval aircraft, strategic cruise missiles, air-launched missiles, tactical and theater ballistic missiles and UAVs in a wide range of their combat use.

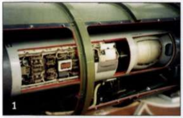
The missile is operated in a sealed transporting-launching container and requires no maintenance or check-ups throughout its entire service life.

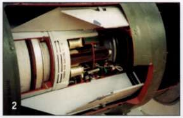
The 5V55K is a single-stage missile employing a normal aerodynamic configuration with control surfaces that are unfolded after launch.

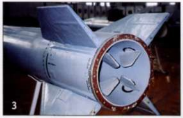
The missile is launched vertically with an aid of a catapult mounted in the transporting-launching container, without prior laying the launcher in the direction of the target. After the blast-off, depending on the position of the target, the missile is deflected in the desired direction by means of gas vanes (ailerons).

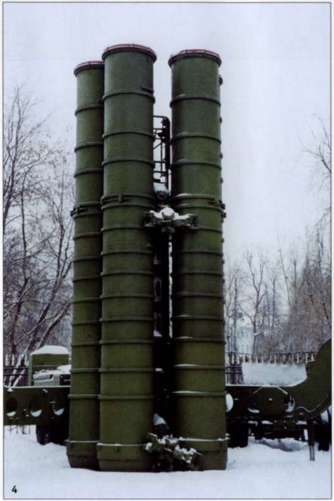
The missile is guided by radio commands. A powerful fragmentation warhead coupled with the missile's ability to withstand high g-loads ensures efficient destruction of targets, including the intensively evading ones.

The 5V55K missile is fitted with a powerful solid-propellant engine. Structurally, it consists of a number of sections housing onboard equipment (as a monoblock unit), a HE fragmentation warhead, a solid-propellant rocket engine, and control surface actuators.





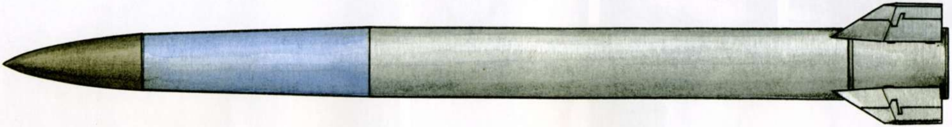




1. *Аппаратурный моноблок и боевая часть*
   Equipment monoblock & warhead
2. *Блок управления рулями*
   Control surfaces unit
3. *Газовые и аэродинамические рули-элероны*
   Gas vanes and ailerons
4. *Пусковая установка ракеты 5В55К*
   5V55K missile launcher
5. *Старт ракеты 5В55К*
   Launch of 5V55K missile

ЗРС С-300П. Зенитная управляемая ракета 5В55Р

S-300P AD missile system. 5V55R guided missile



Зенитная управляемая ракета средней дальности 5В55Р предназначена для поражения как современных, так и перспективных средств воздушного нападения: самолетов стратегической, тактической и морской авиации, стратегических крылатых ракет, авиационных ракет, тактических и оперативно-тактических баллистических ракет, беспилотных летательных аппаратов – в широком диапазоне условий их боевого применения.

Ракета эксплуатируется в герметичном транспортно-пусковом контейнере (ТПК) и не требует проверок и регулировок в течение всего срока службы.

5В55Р – одноступенчатая ракета, выполненная по нормальной аэродинамической схеме, с раскрываемыми после старта рулями. Старт ракеты – вертикальный, с помощью установленной в ТПК катапульты, без предварительного разворота пусковой установки в сторону цели. После запуска двигателя ракета склоняется в требуемом направлении в зависимости от положения цели при помощи газовых рулей-элеронов.

При наведении ракеты используется принцип сопровождения цели через ракету. Осколочно-фугасная боевая часть большой мощности в сочетании с высокими перегрузками, которые способна выдерживать ракета, обеспечивают эффективное поражение целей, в том числе и интенсивно маневрирующих.

Ракета 5В55Р оснащена высокоэффективным твердотопливным двигателем. Конструктивно она состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиопеленгатор, аппаратурный отсек (бортовая аппаратура выполнена в виде моноблока), осколочно-фугасная боевая часть, твердотопливный ракетный двигатель, агрегаты управления рулями ракеты.

The 5V55R medium-range missile is intended to engage the in-service air attack weapons as well as those under development, including strategic, tactical, and naval aircraft, strategic cruise missiles, air-launched missiles, tactical and theater ballistic missiles and UAVs in a wide range of their combat use.

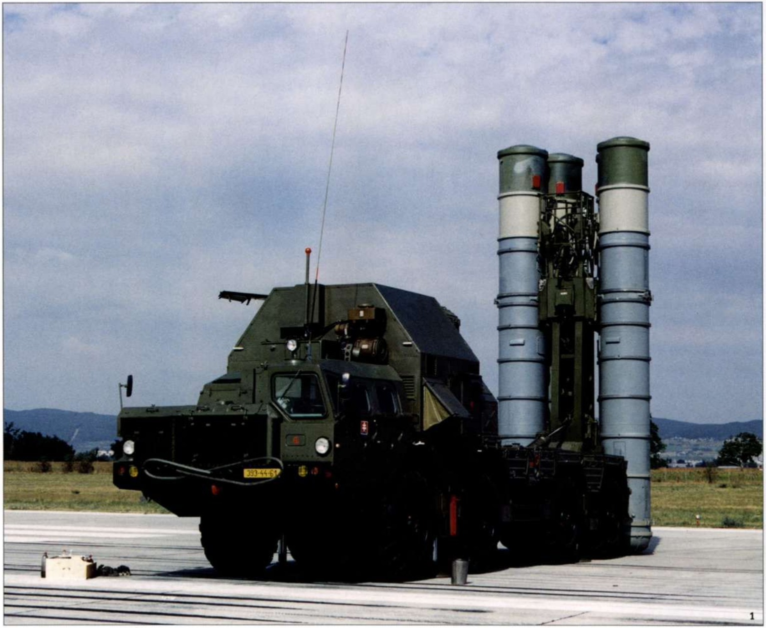
The missile is operated in a sealed transporting-launching container and requires no maintenance or check-ups throughout its entire service life.

The 5V55R is a single-stage missile employing a normal aerodynamic configuration with control surfaces that are unfolded after launch.

The missile is launched vertically with an aid of a catapult mounted in the transporting-launching container, without prior laying the launcher in the direction of the target. After the blast-off, depending on the position of the target, the missile is deflected in the desired direction by means of gas vanes (ailerons).

The missile is guided by radio commands. A powerful fragmentation warhead coupled with the missile's ability to withstand high g-loads ensures efficient destruction of targets, including the intensively evading ones.

The 5V55R missile is fitted with a powerful solid-propellant engine. Structurally, it consists of a number of sections housing onboard equipment (as a monoblock unit), a HE fragmentation warhead, a solid-propellant rocket engine, and control surface actuators.



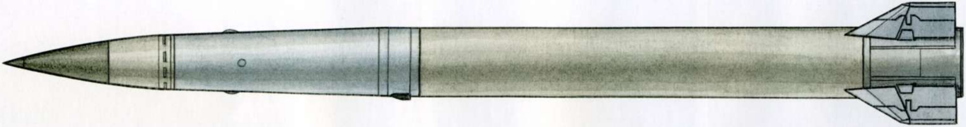
1. *Пусковая установка с ракетами 5В55Р (Армия Словакии)*
Launcher fitted with 5V55R missiles (Army of Slovakia)

2,3,4. *Старт ракеты 5В55Р*
Launch of 5V55R missile

2

3

4



Зенитная управляемая ракета большой дальности 48Н6 предназначена для поражения как современных, так и перспективных средств воздушного нападения: самолетов стратегической, тактической и морской авиации, стратегических крылатых ракет, авиационных ракет, тактических и оперативно-тактических баллистических ракет, беспилотных летательных аппаратов, – во всем диапазоне условий их боевого применения.

Ракета эксплуатируется в герметичном транспортно-пусковом контейнере (ТПК) и не требует проверок и регулировок в течение всего срока службы. 48Н6 – одноступенчатая ракета, выполненная по нормальной аэродинамической схеме, с раскрываемыми после старта рулями.

Старт ракеты – вертикальный, с помощью установленной в ТПК катапульты, без предварительного разворота пусковой установки в сторону цели. После запуска двигателя ракета склоняется в требуемом направлении в зависимости от положения цели при помощи газовых рулей-элеронов.

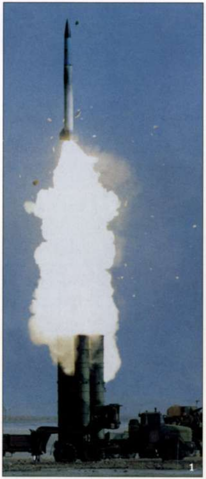
При наведении ракеты используется принцип сопровождения цели через саму ракету. Осколочно-фугасная боевая часть большой мощности в сочетании с высокими перегрузками, которые способна выдерживать ракета, обеспечивают эффективное поражение целей, в том числе и интенсивно маневрирующих.

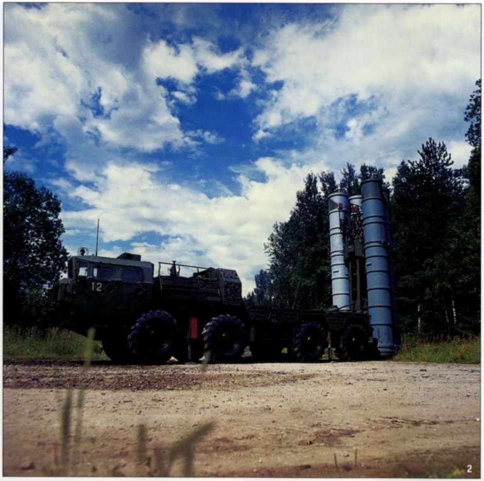
The 48N6 long-range missile is intended to engage the in-service air attack weapons as well as those under development, including strategic, tactical and naval aircraft, strategic cruise missiles, air-launched missiles, tactical and theater ballistic missiles, and UAVs in the complete range of their combat use.

The missile is operated in a sealed transporting-launching container and requires no maintenance or check-ups throughout its entire service life. The 48N6 is a single-stage missile employing a normal aerodynamic configuration with control surfaces that are unfolded after launch.

The missile is launched vertically with an aid of a catapult mounted in the transporting-launching container, without prior laying the launcher in the direction of the target. After the blast-off, depending on the position of the target, the missile is deflected in the desired direction by means of gas vanes (ailerons).

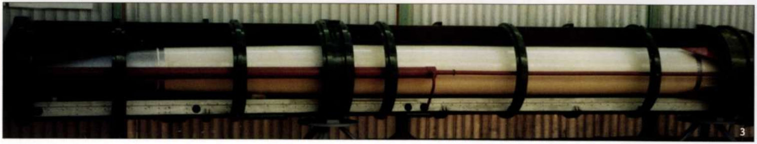
Missile guidance is of the missile-tracking type. A powerful fragmentation warhead coupled with the missile's ability to withstand high g-loads ensures efficient destruction of targets, including the intensively evading ones.

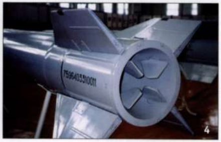




1. *Старт ракеты 48Н6Е на выставке IDEX'93 в Абу-Даби*
   48N6E missile launched at IDEX'93 in Abu Dhabi
2. *Пусковая установка с ракетами 48Н6*
   48N6 missile launcher
3. *Ракета 48Н6 в транспортно-пусковом контейнере*
   48N6 missile in transporting-launching container
4. *Газовые и аэродинамические рули-элероны*
   Gas vanes and ailerons

5,6. *Старт ракеты 48Н6*
Launch of 48N6 missile





5

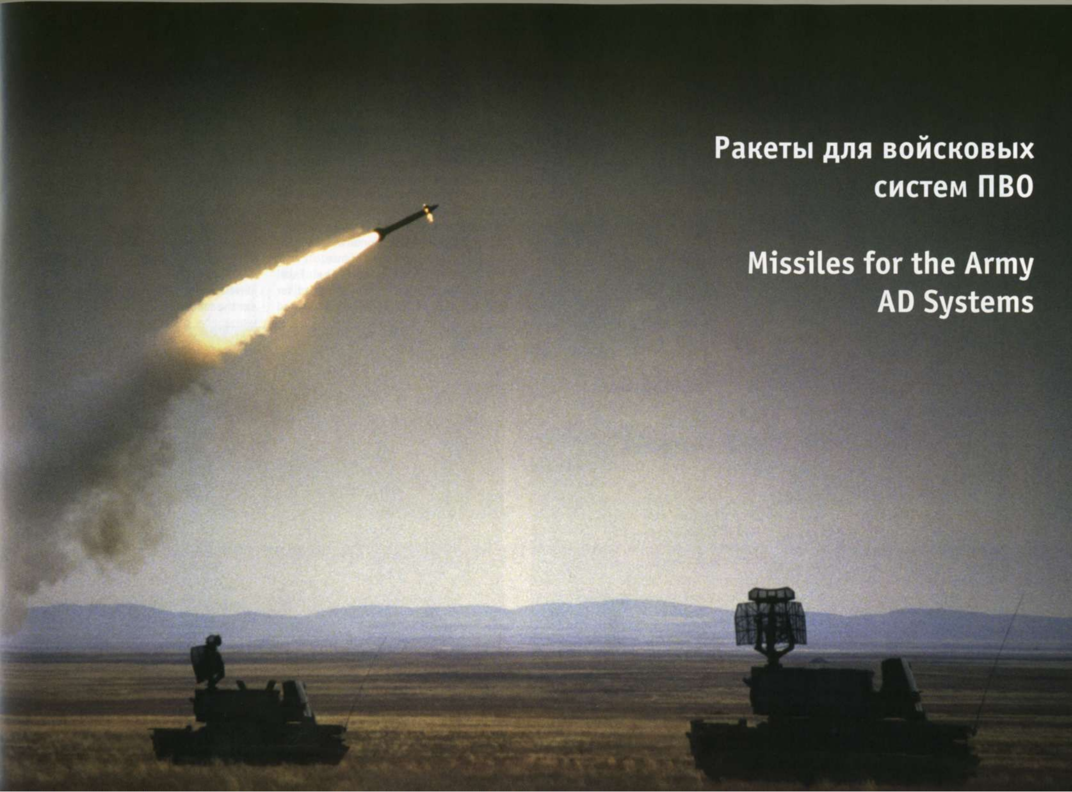
6

Характеристики зенитных управляемых ракет для ЗРК войск ПВО
Missiles for the Air Defense Missile Systems (Basic Characteristics)

Название	Designation	Зона поражения, км Target engagement zone, km		Максимальная скорость поражаемой цели, км/ч	Масса ракеты, кг	Масса боевой части ракеты, кг	Размер ракеты, м Overall dimensions, m		
		по дальности range	по высоте altitude	Max target speed, km/h	Missile weight, kg	Warhead weight, kg	длина length	диаметр diameter	размах крыльев (стабилизаторов) wing (fins) span
1Д	1D	7 - 29	3 - 22	1500	2165	190	10.47	0.5	2.57
11Д	11D	7 - 34	3 - 27	1500	2281	190	10.58	0.5	2.57
13Д	13D	7 - 34	3 - 27	1500	2281	190	10.58	0.5	2.57
20Д	20D	7 - 43	0.5 - 30	3700	2375	196	10.79	0.5	2.57
5Я23	5Ya23	6 - 56	0.1 - 30	3700	2400	190	10.8	0.5	2.57
5В24	5V24	3.5 - 15	0.1 - 10	1500	912	60	5.89	0.375	(2.2)
5В27	5V27	3.5 - 24	0.1 - 18	2000	953	70	6.09	0.375	(2.2)
5В27ДЕ	5V27DE	3 - 38	0.02 - 20	2500	980	72.5	6.09	0.375	(2.2)
В-850	V-850	до/up to 60	3 - 30	3000	5000	250	10.0	0.84	3.5
5В21	5V21	17 -160	0.3 - 20	4300	6700	220	10.5	0.75	2.5
5В28	5V28	до/up to 240	0.3 - 35	4300	7100	220	10.76	0.75	2.5
5В55К	5V55K	5 - 47	0.025 - 25	4300	1665	130	7.2	0.514	1.133
5В55Р	5V55R	5 - 75	0.025 - 25	4300	1665	130	7.2	0.514	1.133
48Н6	48N6	5 -150	0.01 - 27	10000	1800	143	7.5	0.515	1.133

Ракеты для войсковых систем ПВО

Missiles for the Army AD Systems



Опыт разработки и эксплуатации зенитных ракетных средств, накопленный к концу 1950-х годов, позволил поставить перед конструкторами новую задачу: создать ракетные средства ПВО, предназначенные для использования в составе войсковых соединений. Интенсивность этих работ значительно возросла после того как в августе 1958 года из состава артиллерии Сухопутных войск исключили зенитные артиллерийские и радиотехнические части. На их основе были образованы самостоятельные войска ПВО Сухопутных войск.

Первая работа МКБ "Факел" для войсковых систем ПВО – зенитная управляемая ракета 19Д для ЗРК средней дальности "Круг", который создавался в НИИ-20 (Научно-исследовательский электромеханический институт – НИЭМИ). Начало этой работы было положено Постановлением ЦК КПСС и Совета министров СССР от 4 июля 1959 года № 735-338. Несколько раньше свой вариант ракеты для ЗРК "Круг" предложило свердловское ОКБ-8 под руководством Л.В. Люльева.

Решение о параллельной разработке двух ракет для одного ЗРК преследовало двоякую цель: кроме "подстраховки" свердловских конструкторов, опробовалась идея унификации ракетного оружия. Разработка ракеты 17Д, в которой предполагалось использовать маршевый твердотопливный ракетно-прямоточный двигатель, а также и другие ценные достижения науки и техники, велась в то время и для модернизированного варианта ЗРК войск ПВО С-75. Однако летом 1963 года работы по 17Д и 19Д были прекращены из-за чрезвычайной сложности доводки двигательной установки.

В начале 1960-х годов в МКБ "Факел" также рассматривалась возможность применения в составе ЗРК "Круг" зенитной ракеты 4К60, создававшейся для корабельного ЗРК М-11. В отличие от корабельного, новый вариант был двухступенчатым, оснащавшимся твердотопливными ускорителями.

Следующая работа МКБ "Факел" в области войсковых средств ПВО – унифицированная ракета 9М33 для создававшегося в НИИ-20 самоходного автономного ЗРК "Оса", а также для корабельного ЗРК "Оса-М". Поначалу судьба этой – небольших размеров и массы – ракеты складывалась крайне сложно и даже драматично. Заменялись не только руководители проекта, но и организации-разработчики.

Работа, начатая осенью 1960 года в конструкторском бюро Московского завода № 82, оказалась безуспешной, и в сентябре 1964 года специальным решением Правительства страны была передана в МКБ "Факел". Опыт, которым обладали к тому времени специалисты "Факела", их творческая нацеленность на поиск перспективных конструкторских и технологических решений позволили в крайне сжатые сроки добиться впечатляющих результатов. Уже весной 1965 года начались летные испытания вновь спроектированной ракеты, что позволило вернуться к плановому темпу работ по ЗРК "Оса".

The experience in development and operation of the AD missile systems acquired by the end of 1950s enabled the missile designers to turn to a new task: the development of the AD missile systems intended for the Army units. The work was considerably intensified after August 1958 when the AD artillery and radiotechnical units were excluded from the Army artillery. Those units became the basis for an independent branch, i.e. the Army Air Defense.

The first product of the Fakel Engineering Design Bureau intended for the Army AD was the 19D missile designed for the medium-range Krug AD missile system developed in the Research Institute #20 (Moscow Electromechanical Research Institute, NIEMI). The work was launched by the Decree #735-338 of the Central Committee of the Communist Party of the Soviet Union and the USSR Council of Ministers of July 4, 1959. Earlier, the Sverdlovsk-based Design Bureau #8 headed by L. Lulyev proposed its own version of a missile for the Krug AD missile system.

The decision on the simultaneous development of two versions of missiles for the same AD missile system had double

ЗРК "Оса-АКМ"
Osa-AKM AD missile system

Принятая на вооружение осенью 1971 года ракета 9М33 неоднократно модернизировалась, при этом постоянно улучшались ее характеристики и эксплуатационные показатели. Последние варианты ЗРК “Оса” оснащены ракетами 9М33 в транспортно-пусковых контейнерах.

Впервые в боевых действиях ракеты ЗРК “Оса” приняли участие весной 1981 года при отражении израильских бомбовых ударов по сирийским войскам в Ливане.

Опыт, накопленный на ракете 9М33 для ЗРК “Оса”, очень пригодился, когда создавалась ракета нового поколения 9М330 для самоходного ЗРК “Тор” (головная организация – НИЭМИ).

Разработка 9М330 началась в 1976 году. Специалисты МКБ “Факел” нашли ряд принципиально новых решений, аналогов которым в то время не было ни в отечественной, ни в зарубежной практике. Они предложили совершенно новую концепцию тактической зенитной управляемой ракеты. Она должна была вертикально стартовать с помощью катапультирующего устройства из установленного на самоходной установке или на корабле (9М330 предназначена также и для использования в составе корабельного ЗРК “Клинок”) транспортно-пускового контейнера, разворачиваться специальной газодинамической системой в требуемом направлении и затем, после запуска маршевого двигателя, выходить на траекторию наведения на цель.

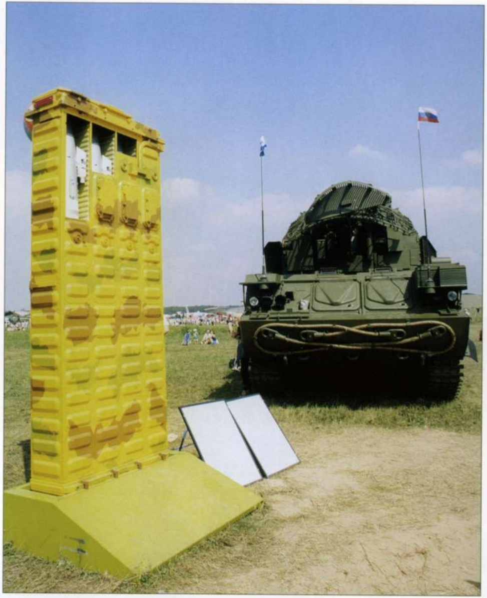
Аэродинамическая схема 9М330 аналогична схеме 9М33, что позволило

purpose: apart from “securing” the Sverdlovsk designers, there was an idea to unify the missile weapons. The 17D missile, which was supposed to feature solid-propellant ramjet sustainer, as well as to implement other valuable scientific and technological achievements, was also being developed for the modernized version of the S-75 AD missile system of the AD Forces. However, in the summer of 1963, the work on 17D and 19D missiles was stopped due to the baffling complexity of the power plant operational adjustment.

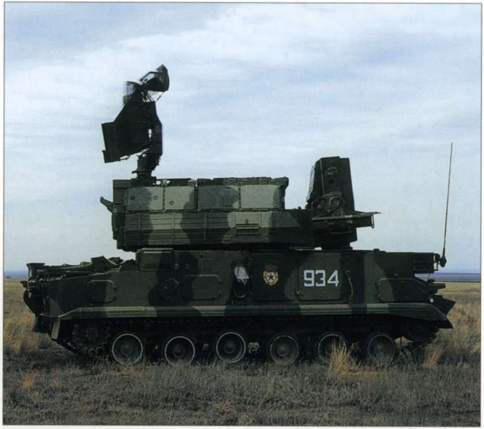
In the early 1960s, the Fakel Engineering Design Bureau was considering the idea of employing the 4K60 AD missile in the Krug AD missile system. This missile had been designed for the shipborne M-11 AD missile system. Unlike the shipborne version, the new system featured a two-stage scheme with solid-propellant boosters.

The next item elaborated by the Fakel Engineering Design Bureau for the Army AD systems was a unified 9M33 missile for the Osa self-propelled autonomous AD missile system developed in the Research Institute #20, and for the Osa-M shipborne AD missile system. At first, the destiny of these small-size and low-weight missiles was quite complicated and even dramatic: not only the heads of the projects, but even the developing organizations were changed.

The project that was launched in the autumn of 1960 in the design office of Moscow Plant #82 turned out to be unsuccessful, and under a special decision of our country’s government the



ЗУР 9М331 в контейнере и ЗРК “Тор-М1”
9M331 missiles in container & Tor-M1 AD missile system



ЗРК "Тор-М1"
Tor-M1 AD missile system

обеспечить необходимую преемственность разработки. Так же, как и на 9М33, на 9М330 использован вращающийся относительно продольной оси ракеты крыльевой блок для нейтрализации воздействия момента "косой обдувки", характерного для аэродинамической схемы "утка".

Как и в случае с другими зенитными ракетами нового поколения, при создании 9М330 реализована концепция обеспечения надежности ее беспроверочной эксплуатации в войсках и на флоте в течение всего гарантийного срока.

С принятием на вооружение ракеты 9М330 и ее модернизированных вариантов была заложена прочная основа для эффективной борьбы и на поле боя, и на море с самыми совершенными средствами воздушного нападения.

work was transferred to Fakel in September 1964. The experience that the Fakel's experts possessed at that time, their creative intention to find perspective design and technological decisions enabled them to achieve impressive results within an extremely short period of time. As early as in the spring of 1965, they started flying tests of a newly designed missile that allowed returning to the scheduled timing for the development of the Osa AD missile system.

The 9M33 missile adopted for service in the autumn of 1971 has been modernized several times, and its characteristics and operational parameters have been continuously improving. The latest versions of the Osa AD missile system have been equipped with the 9M33 missiles placed in transporting-launching containers.

The first combat employment of the Osa AD system's missiles took place in the spring of 1981, when repelling the Israeli bomb strikes at Syrian troops in Lebanon.

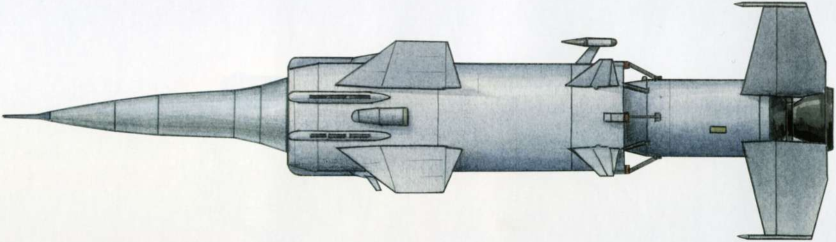
The experience of the Osa AD system's combat employment was very useful for the development of a new-generation 9M330 missile intended for the self-propelled Tor AD missile system (designed by NIEMI).

The development of the 9M330 began in 1976. The Fakel's experts found a number of absolutely new designs that at that time had no analogs either in the domestic practice or abroad. They developed an entirely new concept of combat employment of the tactical AD missile. It was supposed to be vertically launched by means of a catapult placed in a transporting-launching container installed on a self-propelled AD missile system or aboard a ship (the 9M330 missile is designed for employment with the Klinok shipborne AD missile system, as well), to be deflected by a special gas-dynamic system in a required direction and then, after the start of the sustainer, to enter the target guidance path.

The 9M330 missile's aerodynamic configuration is similar to that of the 9M33 providing for the necessary continuity in their development. Similar to the 9M33, the 9M330 missile features a rotating control surface unit that spins along the missile's longitudinal axis for the neutralization of the "slanting flow", which is typical for the canard aerodynamic configuration.

Like in the cases of other new-generation AD missiles, during the development of the 9M330 missile the specialists employed the concept of guaranteed reliability of its operation in the Army and in the Navy without any maintenance during the entire service life.

Adopting the 9M330 missile and its modifications for service formed a solid basis for the effective struggle both on land and at sea against the most advanced air attack means.



Разработку ЗУР 19Д начали в МКБ "Факел" в соответствии с выпущенным в июле 1959 года постановлением руководства страны.

Двухступенчатая ракета 19Д выполнена по нормальной аэродинамической схеме. На корпусе маршевого твердотопливного прямоточного воздушно-реактивного двигателя (ПВРД) размещены крылья и рули. Вторая ступень состояла из пяти отсеков, а ее корпус был выполнен аналогичным корпусу ракет "семейства" 1Д. Передняя часть маршевой ступени унифицирована с ракетой 20Д. В задней части маршевой ступени располагался газогенератор с топливом и механизмы управления рулями. В передней и задней частях ракеты на внешнем корпусе ПВРД размещались антенны. Ускоритель 19Д состоял из ракетного двигателя твердого топлива (РДТТ), четырех стабилизаторов, упорного конуса и хвостового отсека.

В 1961-1962 годах провели несколько пусков 19Д.

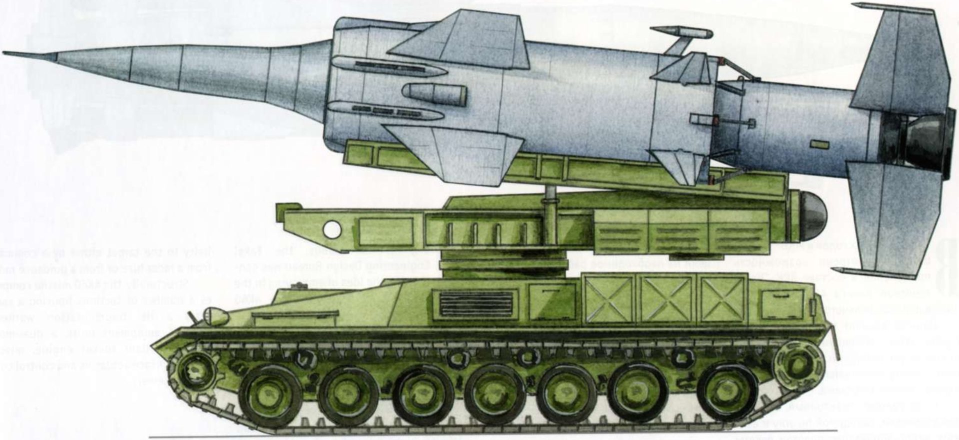
Результаты, полученные в процессе этих пусков, оказали значительное влияние на проведение в МКБ "Факел" и в его московском филиале дальнейших работ в данном направлении, а также на поиски новых путей и конструктивных решений для достижения максимальной эффективности использования ПВРД в составе ЗУР.

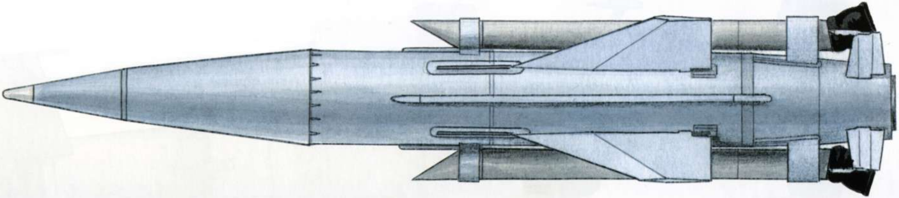
The Fakel Engineering Design Bureau began to develop the 19D AD missile in compliance with the governmental resolution of July 1959.

The 19D two-stage missile employed a normal aerodynamic configuration with wings and fins fixed on the ramjet engine's body. The second stage comprised five sections and its body construction was similar to that of the 1D missile family. The fore part of the sustainer was unified with the 20D missile. The rear part of the sustainer housed a gas generator with fuel and control surface actuators. Antennas were fixed in the fore and rear parts of the missile, on the ramjet's outer body. The 17D booster comprised a solid-propellant engine, four stabilizing fins, a thrust cone, and a tail section.

In 1961-1962, a number of launches of the 19D took place.

The results of these launches considerably influenced the subsequent work of Fakel and its Moscow division in this direction and facilitated the search for new trends and constructive solutions to achieve the maximum effectiveness of ramjets used in the AD missiles.





В начале 1960-х годов в МКБ "Факел" была рассмотрена возможность применения в составе ЗРК "Круг" зенитной ракеты 4К60, создававшейся для корабельного ЗРК М-11.

Данный вариант ракеты был двухступенчатым, оснащенным твердотопливными ускорителями. Маршевая ступень ракеты выполнена по нормальной аэродинамической схеме.

Старт ракеты – наклонный, с пусковой установки, наводимой по углу и азимуту места. Управление полетом ракеты и наведение ее на цель осуществляются по радиокомандам. Подрыв боевой части ракеты осуществляется при подлете к цели на необходимое расстояние по команде радиовзрывателя либо по команде от станции наведения.

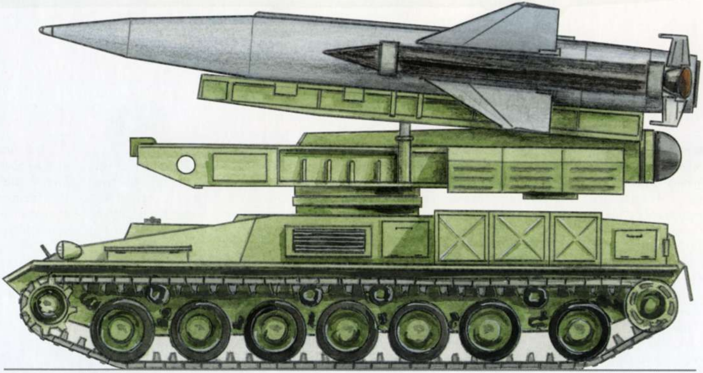
Конструктивно маршевая ступень ракеты состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, осколочно-фугасная боевая часть, блоки бортовой аппаратуры, двухрежимный твердотопливный ракетный двигатель, агрегаты управления рулями ракеты, приемники команд управления.

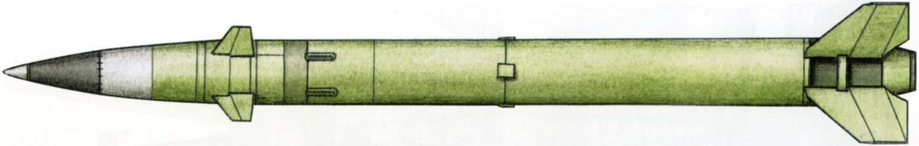
Early in the 1960s, the Fakel Engineering Design Bureau was considering the idea of employing in the Krug AD missile system the 4K60 missile, which had been developed for the shipborne M-11 AD missile system.

This missile modification featured two stages fitted with solid-propellant boosters; the sustainer employed normal aerodynamic configuration.

The missile is fired at an angle from a launcher laid in elevation and azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands. The warhead is detonated in the required proximity to the target either by a command from a radar fuze or from a guidance radar.

Structurally, the 4K60 missile comprises a number of sections housing a radar fuze, a HE fragmentation warhead, onboard equipment units, a dual-mode solid-propellant rocket engine, missile control surface actuators and control command receivers.





Зенитная управляемая ракета малой дальности 9М33 предназначена для поражения различных средств воздушного нападения: самолетов тактической авиации, вертолетов и ракет различных классов – в широком диапазоне условий их боевого применения.

9М33 – одноступенчатая ракета, выполненная по аэродинамической схеме "утка", со свободно вращающимся хвостовым крыльевым блоком.

Старт ракеты – наклонный, с постоянным углом возвышения, с пусковой установки, наводимой по азимуту места. Управление полетом ракеты и наведение ее на цель осуществляются по радиокомандам, которые поступают от станции наведения, расположенной на боевой машине. Подрыв боевой части ракеты осуществляется при подлете к цели по команде радиовзрывателя либо по команде, поступающей от станции наведения.

Конструктивно ракета 9М33 состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, агрегаты управления рулями ракеты, осколочно-фугасная боевая часть, блоки бортовой аппаратуры, двухрежимный твердотопливный ракетный двигатель, приемники команд управления.

Ракета выпускалась в различных модификациях, в том числе 9М33М, 9М33М2, 9М33М3.

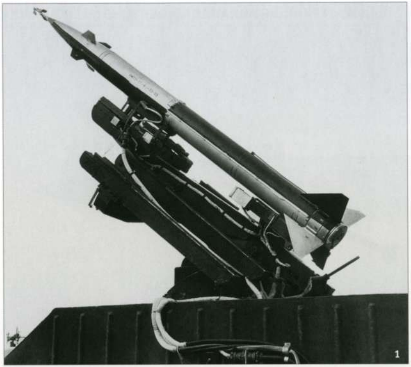
The 9M33 short-range missile is intended to engage various air attack weapons: tactical and naval aircraft, helicopters and various types of missiles in a wide range of their combat use.

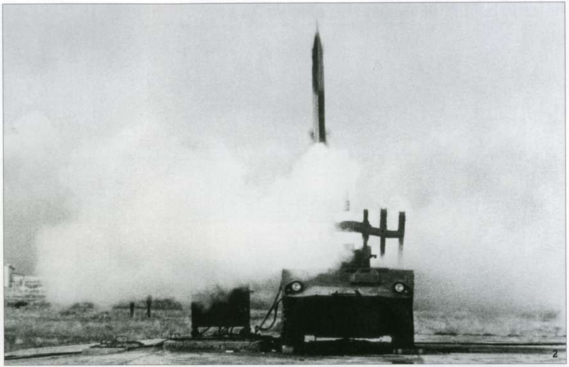
The 9M33 is a single-stage missile employing a canard aerodynamic configuration with a freely-rotating aft wing unit.

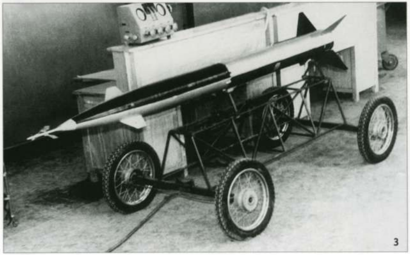
The missile is launched at an angle with a fixed elevation from a launcher laid in azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a guidance radar mounted on a combat vehicle. The warhead is detonated in proximity to the target by a command from a radar fuze or from a guidance radar.

Structurally, the 9M33 missile consists of a number of sections housing a radar fuze, missile control surface actuators, a HE fragmentation warhead, onboard equipment units, a dual-mode solid-propellant rocket engine, and control command receivers.

There were several modifications of the missile, including the 9M33M, 9M33M2, 9M33M3 versions.

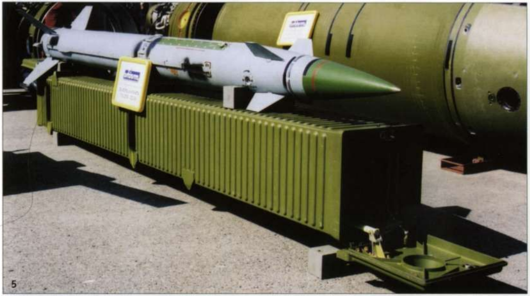

1


2


3

4

1. *Ракета 9М33 перед первым пуском, март 1965 г.*
   9M33 missile before its first launch, March 1965
2. *Первый пуск ракеты 9М33*
   First launch of 9M33 missile
3. *Подготовка ракеты 9М33 к испытаниям*
   9M33 missile being prepared for tests
4. *Демонстрация ЗРК "Оса" на параде, Красная Площадь, 1973 г.*
   Osa AD missile system at the parade (Red Square, Moscow, 1973)

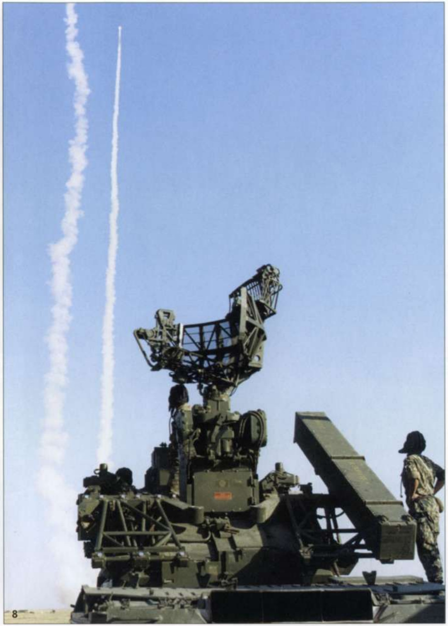


5

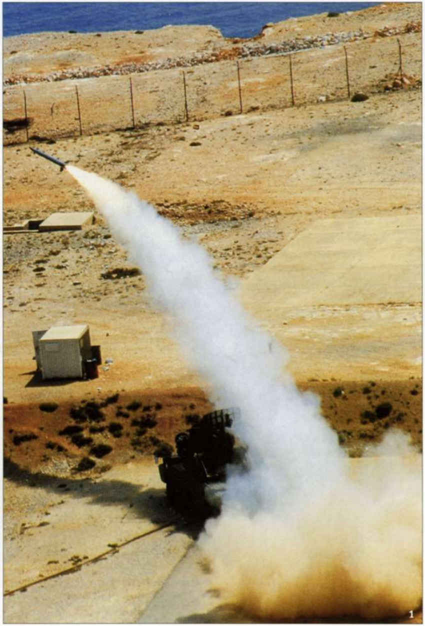
5. *Ракета 9М33М3 и транспортно-пусковой контейнер*
   9M33M3 missile & transporting-launching container
6. *Аэродинамические рули ракеты 9М33*
   Aerodynamic control surfaces (9M33)
7. *Крыльевой блок ракеты 9М33*
   Control surface unit (9M33)
8. *ЗРК "Оса-АКМ" на учениях*
   Osa-AKM AD missile system at the exercises

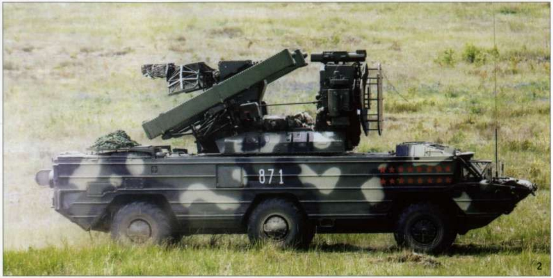
6

7

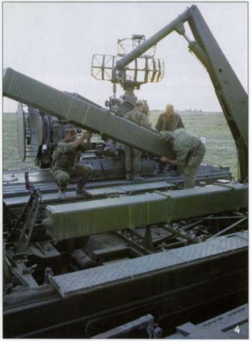


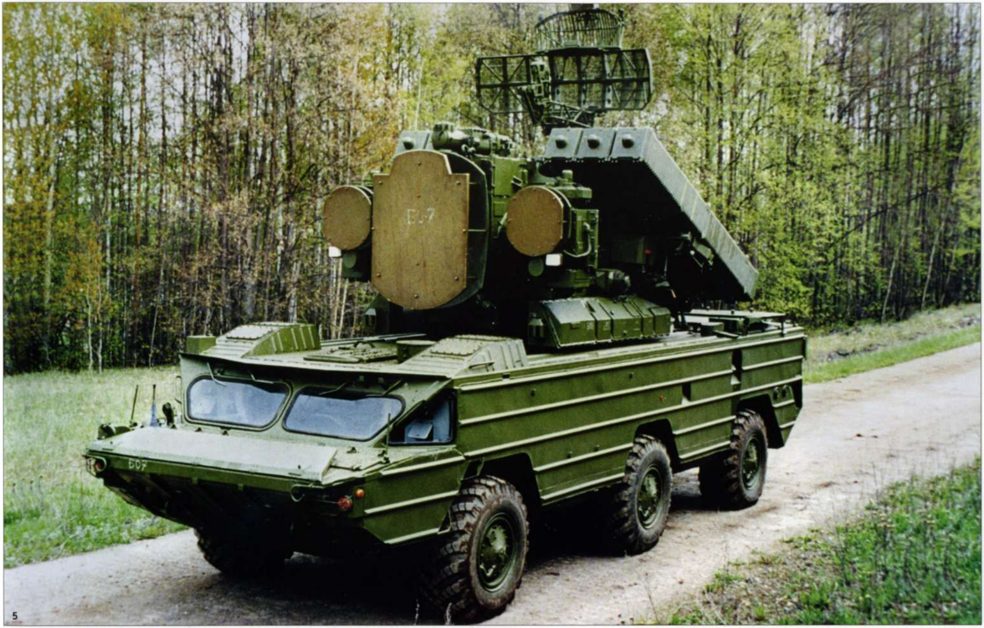
8



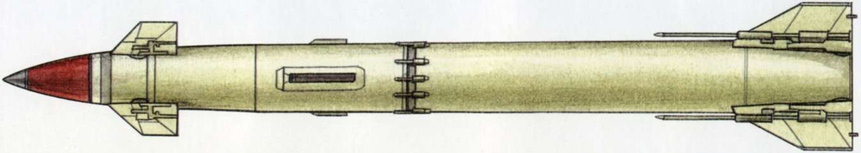


1. *Пуск ракеты 9М33, Армия Греции*
   Launch of 9M33 missile (Army of Greece)
2. *ЗРК "Оса-АКМ", Армия Польши*
   Osa-AKM AD missile system (Army of Poland)
3. *ЗРК "Оса-АКМ", Армения*
   Osa-AKM AD missile system (Armenia)
4. *Заряжание ЗРК "Оса-АКМ"*
   Loading the Osa-AKM AD missile system
5. *ЗРК "Оса-АКМ"*
   Osa-AKM AD missile system





5



Зенитная управляемая ракета малой дальности 9М330 предназначена для поражения различных средств воздушного нападения: самолетов тактической авиации, вертолетов, управляемых бомб и ракет различных классов – в широком диапазоне условий их боевого применения.

Ракета эксплуатируется в герметичном транспортно-пусковом контейнере (ТПК), не требует проверок и регулировок в течение всего срока службы.

9М330 – одноступенчатая ракета, выполненная по аэродинамической схеме "утка", с раскрываемым после старта свободно вращающимся хвостовым крыльевым блоком. Старт ракеты – вертикальный, с помощью установленной в ТПК катапульты, без предварительного разворота пусковой установки в сторону цели. После выхода ракеты из ТПК, перед запуском разгонно-маршевого двигателя, она склоняется в требуемом направлении с помощью специальной газодинамической системы.

Управление полетом ракеты и наведение ее на цель осуществляется по радиокомандам, которые поступают от станции наведения, расположенной на боевой машине. Подрыв боевой части ракеты производится при подлете к цели по команде радиовзрывателя либо по команде, поступающей от станции наведения.

Конструктивно ракета 9М330 состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, агрегаты управления рулями ракеты, система газодинамического склонения ракеты, осколочно-фугасная боевая часть, блоки бортовой аппаратуры, двухрежимный твердотопливный ракетный двигатель, приемники команд управления.

Ракета также выпускается в модификации 9М331.

The 9M330 short-range missile is intended to destroy various air attack weapons: tactical and naval aircraft, helicopters, guided bombs and various types of missiles in a wide range of their combat use.

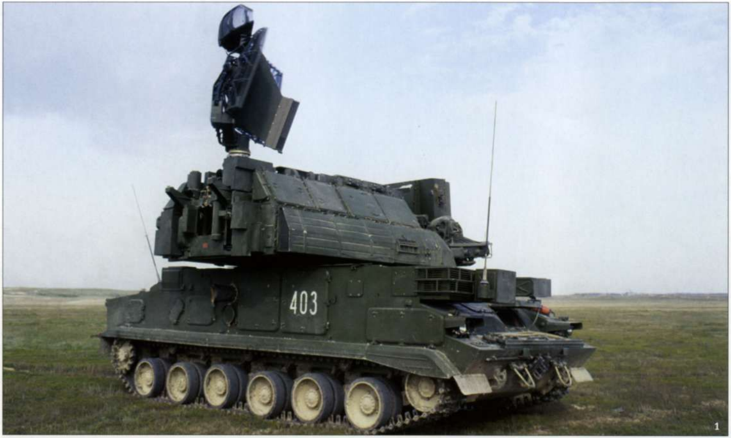
The missile is operated in a sealed transporting-launching container and does not require any maintenance and check-ups throughout its entire service life.

The 9M330 is a single-stage missile employing a canard aerodynamic configuration with a freely-rotating aft wing unit that unfolds after the blast-off. The missile is launched vertically from its transporting-launching container by means of a catapult mounted in the container, without prior laying the launcher in the direction of the target. After the missile leaves the transporting-launching container and before the sustainer booster is started, the missile is deflected in the desired direction by means of a special gas dynamic system.

Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a guidance radar mounted on a combat vehicle. The warhead is detonated in proximity to the target by a command from a radar fuze or from a guidance station.

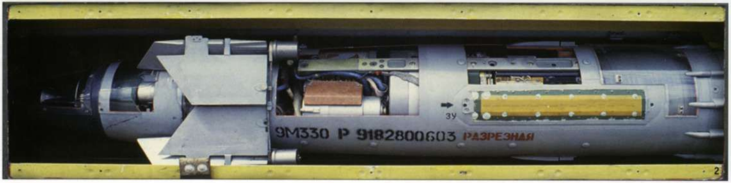
Structurally, the 9M330 missile consists of a number of sections housing a radar fuze, missile control surface actuators, a gas dynamic missile deflection system, a HE fragmentation warhead, onboard equipment units, a dual-mode solid-propellant rocket engine, and control command receivers.

The modified version of the 9M330 missile is the 9M331.

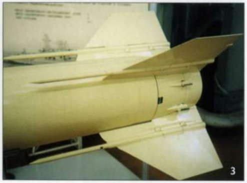


1

1. *ЗРК "Тор" с ракетами 9М330*
   Tor AD missile system fitted with 9M330 missiles
2. *Носовая часть ракеты 9М330*
   9M330 missile's fore section
3. *Крыльевой блок ракеты 9М330*
   9M330 missile's control surface unit
4. *Заряжание ЗРК "Тор"*
   Loading Tor AD missile system

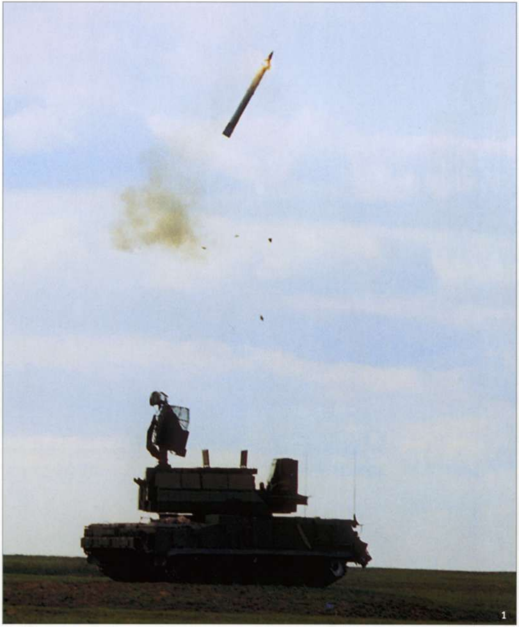


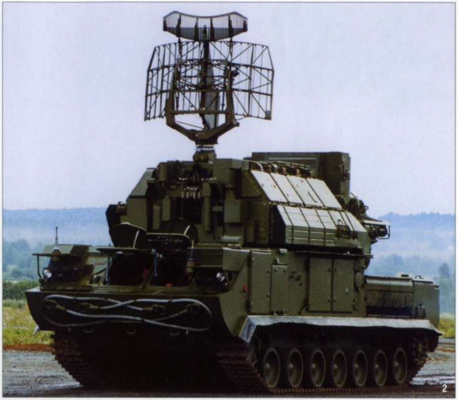
2

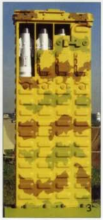


3

4







1. *Пуск ракеты 9М331*
   Launch of 9M331 missile
2. *ЗРК "Тор М1"*
   Tor-M1 AD missile system
3. *Ракетный модуль 9М334 с четырьмя ракетами 9М331*
   9M334 module with four 9M331 missiles
4. *ЗРК "Тор М1", Армия Греции*
   Tor-M1 AD missile system (Army of Greece)
5. *Пуск ракет 9М331 с ЗРК "Тор М1"*
   9M331 missiles launched by Tor-M1 AD missile system
6. *Транспортируемый вариант ЗРК "Тор М1"*
   Tor-M1 transportable version

4

5

6

Характеристики зенитных управляемых ракет для войсковых систем ПВО
Missiles for the Army Air Defense Systems (Basic Characteristics)

Название	Designation	Зона поражения, км Target engagement zone, km		Максимальная скорость поражаемой цели, км/ч Max target speed, km/h	Масса ракеты, кг Missile weight, kg	Масса боевой части ракеты, кг Warhead weight, kg	Размер ракеты, м Overall dimensions, m		
		по дальности range	по высоте altitude				длина length	диаметр diameter	размах крыльев (стабилизаторов) wing (fins) span
19Д	19D	7 - 40	0.1 - 30	2300	3000	196	9.7	0.5	2.57
4К60	4K60	7 - 33	0.1 - 30	2300	2400	125	6.1	0.655	2.2
9М33	9M33	1.5 - 10	0.025 - 5	1800	127	14.5	3.153	0.208	0.65
9М330	9M330	1.5 - 12	0.01 - 6	2500	165	14.5	2.895	0.23	0.65
9М331	9M331	1.5 - 12	0.01 - 6	2500	165	14.5	2.895	0.23	0.65

Зенитные ракеты для корабельных ЗРК

Missiles for the Naval Air Defense Systems

Начало процессу оснащения боевых кораблей зенитными управляемыми ракетами было положено в 50-е годы минувшего века. Быстрый прогресс авиации, появление управляемых ракет и самолетов-снарядов на вооружении кораблей и самолетов не оставляли практически никаких шансов на победу в морском бою кораблям, которые от нападения с воздуха могли защищаться лишь зенитной артиллерией. По сути дела надводный флот (и не только советский) в те годы был поставлен перед непростым выбором: либо он будет в состоянии отражать атаки самолетов и ракет, либо ему предстоит сойти со сцены как самостоятельной боевой силе.

Работы по созданию зенитных управляемых ракет для ЗРК советских боевых кораблей начались в середине пятидесятых годов. И первой в этом ряду была установленная в 1958 году на борту крейсера Черноморского флота "Дзержинский" зенитная ракетная система М-2 "Волхов-М" (SA-N-2 – по классификации НАТО), использовавшая ракеты средней дальности 13ДМ. ЗРК "Волхов-М" был корабельным аналогом комплекса С-75 войск ПВО. Специально для "Волхова-М" в МКБ "Факел" модифицировали ракету 1Д, входившую в состав С-75. Ее корабельная модификация – двухступенчатая ракета 13ДМ внешне весьма незначительно отличалась от наземного варианта. Были изменены лишь узлы подвески к стартовой направляющей и заменен ряд конструкционных материалов с учетом эксплуатации ракеты на кораблях.

Пуски 13ДМ, начатые осенью 1958 года с "Дзержинского", показали принципиальную возможность ее использования в качестве корабельного оружия. Однако принятый в начале 1960-х годов на вооружение флота "Волхов-М" по ряду причин не получил широкого распространения. Не вполне удовлетворили заказчиков и ракеты 13ДМ – прежде всего из-за своих размеров (они занимали много места, что значительно снижало их боезапас на корабле), а также из-за наличия на их маршевой ступени токсичных и агрессивных компонентов топлива (работа с ними оказалась весьма серьезной проблемой для моряков). И хотя свои цели "Волхов-М" поражал примерно с той же эффективностью, что и его наземный собрат, вопрос о полномасштабном размещении на кораблях ЗРК средней дальности остался открытым.

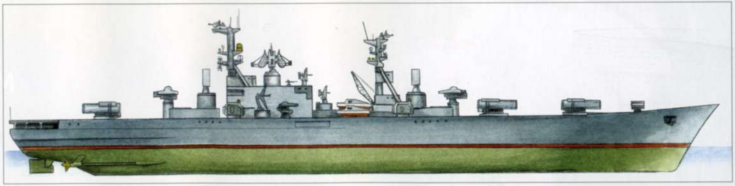
Параллельно с работами по М-2 в НИИ-10 (НИИ "Альтаир"), который стал головным разработчиком корабельных ЗРК, велись работы по созданию зенитной

The practice of equipping combatant ships with AD missiles dates back to the 1950s. The rapid development of aircraft along with the arming of ships and aircraft with missiles and flying bombs left almost no chance to win a naval battle for ships relying only on AD artillery to defend themselves from air attacks. As a matter of fact, at that time, the surface fleet – and not only in the Soviet Union alone – was facing a dilemma that was anything but simple: either it would be capable of repelling air attacks of aircraft and missiles, or it would cease to exist as an independent combat force.

The work on creating missiles for the Soviet combatants' AD systems began in the mid-1950s. The M-2 Volkhov-M AD missile system (NATO reporting name SA-N-2) became the first one to be installed on board the *Dzerzhinsky* Black Sea Fleet cruiser in 1958. The M-2 system employed the 13DM medium-range missiles.

The Volkhov-M AD missile system was a shipborne analog of the S-75 system used by the AD Forces. The 1D missile, originally intended for the S-75 system, was specially modified at the Fakel Engineering Design Bureau to meet the requirements of the Volkhov-M. Its shipborne modification – the two-stage 13DM missile – barely differed in its appearance from the ground-based version. The few things that were changed included the launcher hold-down lugs and a number of engineering materials that were replaced to tailor the missile to naval operations.

The first launches of the 13DM that were made off the *Dzerzhinsky* in the autumn of 1958 demonstrated that in general, the missile could be used as a naval weapon. However, for a number of reasons, the Volkhov-M, which became operational with the Navy in the early 1960s, was never employed on a large scale. The 13DM missiles did not quite satisfy the customers either, mainly because of their size: these missiles took up much space, which con-



Крейсер проекта 63 с ЗРК М-1 и М-3 (проект 1957 г.)
Project 63 cruiser fitted with M-1 and M-3 AD missile systems (1957)

ракетной системы М-1 "Волна" (SA-N-1). Ракеты этой системы – 4К90 были унифицированы с ракетами зенитной ракетной системы С-125 войск ПВО страны. Главное отличие этих ракет состояло в использовании на их первой и второй ступенях только твердотопливных двигателей. Благодаря этому была значительно упрощена их эксплуатация на кораблях. Среди других новшеств, примененных в 4К90, можно назвать раскрываемые после старта ракеты стабилизаторы на ускорителе – за счет этого уменьшались габариты ракеты при ее нахождении в боевом отсеке корабля и на пусковой установке.

В начале 60-х годов эта зенитная система была испытана на эсминце "Бравый" и в 1962 году принята на вооружение Советского ВМФ.

Следующим этапом для "Факела" стала разработка ракеты 4К91 для модернизированного варианта ЗРК "Волна-М". Ее основным отличием от 4К90 стало использование значительно более эффективных двигательных установок. Это значительно улучшило ее характеристики. Внешне новая ракета отличалась от своей предшественницы лишь тем, что на ускорителе появились две тормозные плоскости, которые предназначались для уменьшения размеров зоны его падения после окончания работы. На вооружение кораблей ВМФ эта ракета была принята в середине 60-х годов.

В связи с тем, что система М-2 не получила широкого распространения, в конце 50-х годов начались работы по созданию нового корабельного ЗРК средней дальности М-11 и новой ракеты для него. Эта ракета, при сохранении всех боевых качеств 13ДМ, в то же время должна была стать одноступенчатой, твердотопливной, иметь в полтора-два раза меньшие массу и габариты.

Успешное решение в МКБ "Факел" поставленной задачи стало возможным за счет реализации комплекса мероприятий, в число которых входили: выбор рационального метода радиокомандного наведения ракеты на цель; выбор ее аэродинамической схемы; разработка легкой и прочной конструкции и, естественно, создание максимально эффективной двигательной установки с двумя режимами тяги. Именно создание такого двигателя – с высоким массовым совершенством конструкции, снаряженного высокоэффективным топливом – и стало отправной точкой, основой для успешной разработки этой ракеты.

Летом 1964 года начались ее летные испытания, закончившиеся в 1967 году на кораблях Черноморского флота. Первым кораблем, оснащенным новой системой, стал в 1967 году противолодочный крейсер "Москва".

Ракеты, созданные для М-11 (SA-N-3), получившие обозначение 4К60, способные перехватывать высокоскоростные цели в широком спектре высот, были развернуты на больших противолодочных кораблях и на тяжелых авианесущих крейсерах. По сравнению с системой М-1, новая обладала рядом особенностей, связанных с лучшей способностью поражать низколетящие маневрирующие цели в условиях применения средств

siderably reduced the ammunition reserve that a single ship could carry. Also, the sustainer stage of the 13DM contained toxic and deleterious propellants, which turned handling them into a rather serious problem for the seamen. And although the target kill effectiveness of the Volkhov-M was approximately the same as of its ground-based prototype, the issue of the full-scale deployment of medium-range AD systems on ships remained open.

Simultaneously with the work on the M-2 system, the Research Institute #10 (currently, the Altair Research Institute), which became the leading designer of the naval AD systems, continued working on the M-1 Volna AD missile system (SA-N-1). The 4K90 missiles employed in this system were unified with the ones of the S-125 AD missile system in service with the national AD Forces. These two missiles featured only solid-propellant engines in both first and second stages. This allowed simplifying their operation on ships. Among other improvements used in the 4K90, we may mention the booster fins unfolding after launch, which allowed minimizing the dimensions of the missile when inside the ammunition compartment of a ship and on a launcher.

In the early 1960s, this AD system was tested on the destroyer *Bravy* and in 1962 was adopted for service with the Soviet Navy.

Elaboration of the 4K91 missile for the upgraded Volna-M AD missile system became the next task for Fakel. The 4K91 differed from the 4K90 mainly in the employment of much more efficient engines that considerably improved the missile's performance. The only difference in the new missile's appearance compared to its predecessor was the emergence of two braking surfaces on the booster for reducing the size of its post-operation impact zone. The missile was adopted for service with the Navy in the mid-1960s.

Since the M-2 system was never used on a large scale, the elaboration of the new M-11 medium-range shipborne AD missile system and a new missile for it began in the late 1950s. The new missile was supposed to retain all combat characteristics of the 13DM, at the same time being single-staged, liquid-propellant and about two times lighter and smaller in size.

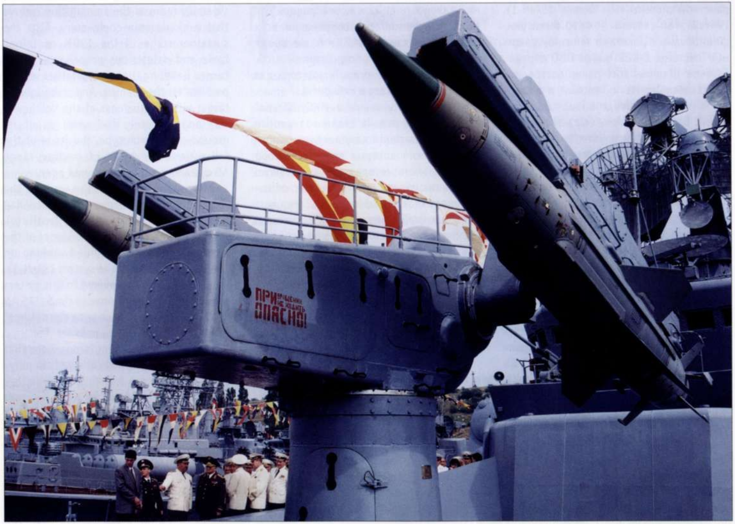
Fakel managed to successfully solve the task only due to carrying out a number of measures that included: choosing an efficient method of guiding a missile to a target via radio commands; choosing the missile's aerodynamic scheme; designing a light yet sturdy airframe; and, naturally, elaborating the most efficient engine. It was the weight perfection of the engine running on high-performance fuel that became the starting point and a keystone of the successful work on the missile.

In the summer of 1964, the missile's flight tests began, which ended in 1967 on board the Black Sea Fleet ships. The ASW cruiser *Moskva* became the first ship equipped with the new system in 1967.

The missiles developed for the M-11 (SA-N-3) were designated 4K60; they were capable of intercepting high-speed targets within a wide range of altitudes and were installed on the large ASW радиоэлектронного противодействия. В течение последующих 15-20 лет система М-11 с ракетами 4К60 входила в число самых эффективных корабельных ракетных средств.

Малогабаритная зенитная ракетная система "Оса-М" (SA-N-4), введенная в строй в 1971 году, – корабельный вариант самоходной системы "Оса" Сухопутных войск. Их ракеты максимально унифицированы. Даже разрабатывались они по единому заданию, в котором соответствующим образом была отражена корабельная специфика будущего использования.

Создание 9М33 потребовало проведения широкого круга исследований, поскольку, как оказалось, небольшие размеры ракеты вовсе не гарантировали соответствующего снижения трудозатрат. Скорее наоборот. В процессе этих работ на "Факеле" был проанализирован весь имевшийся к тому времени опыт отечественного и зарубежного ракетостроения в части, касавшейся разработки ракет подобного класса. Были сделаны в КБ и соответствующие выводы, позволившие в очередной раз добиться высокого результата. 9М33 отличается от ракет-аналогов, прежде всего, свободно вращающимся крыльевым блоком. Применение такого блока помогло заметно расширить возможности использованной для ракеты аэродинамической схемы "утка", поскольку он снизил негативное влияние на полет ракеты возникающих паразитных аэродинамических моментов и сил. Результатом его применения стало и уменьшение массы системы управления ракеты, сохранившей при этом эффективность своей работы.



Ракеты 4К60 на пусковой установке
4K60 missiles on the launcher

Привлекательной особенностью системы "Оса-М" стали две стартовые на-

ships and heavy aircraft-carrying cruisers. Compared to the M-1 system, the new weapon system featured characteristics providing an improved ability to engage low-flying evading targets in the ECM environment. Within the next 15-20 years, the M-11 system fitted with the 4K60 missiles ranked among the most

правляющие пусковой установки, которые убираются под палубу во время движения корабля, когда он находится вне боевой обстановки. Благодаря своим высоким характеристикам и удобству в эксплуатации, "Оса-М" – одна из наиболее массовых корабельных зенитных систем.

К концу 60-х годов со всей очевидностью обозначилось качественное изменение расстановки сил на море, связанное, прежде всего, с появлением новых, еще более эффективных видов ракетного оружия, с широким оснащением этим оружием самолетов, надводных кораблей и подводных лодок. Высокая сверхзвуковая скорость и минимальные высоты полета, маневренность, малая радиолокационная заметность, увеличенное поражающее действие, возможность массированного применения и организации атак с различных направлений – вот далеко не полный перечень особенностей нового поколения оружия воздушного нападения. Естественно, что его появление меняло не только характер борьбы на море, но и ее масштабы.

К работам по созданию зенитных ракет нового поколения, способных эффективно противостоять самым интенсивным воздушным атакам, в МКБ "Факел" приступили еще в середине шестидесятых годов. Первой в этом ряду стала зенитная ракета средней дальности 5В55РМ для корабельного ЗРК С-300Ф "Риф". Этим комплексом должны были оснащаться боевые корабли водоизмещением свыше 5000 тонн.

Проблемы, вставшие при создании 5В55РМ, существенно отличались от всех тех, с которыми прежде приходилось сталкиваться специалистам "Факела". Новый комплекс должен был быть многоканальным, обеспечивать эффективную круговую оборону соединений кораблей и обладать высокой скорострельностью. Не имел аналогов и способ размещения его ракет и их запуска – из подпалубных пусковых установок-барабанов. Соответственно, от новой ракеты потребовались не только высокие тактико-технические характеристики, но и высокая серийноспособность,

Пуск ЗУР 9М33
Launch of 9M33 missile

efficient shipborne missile systems.

The small-size Osa-M (SA-N-4) AD missile system, adopted for service in 1971, is a shipborne version of a self-propelled Osa system used by the ground forces. The missiles used by Osa and Osa-M have been unified to the maximum extent. They were originally designed within the framework of the unified request for proposal that adequately reflected the naval specifics of their future employment.

The creation of the 9M33 missile required carrying out extensive research, since it had turned out that the small dimensions of the missile by no means guaranteed the corresponding reduction in labor costs. It happened to be just the contrary. When creating these missiles, the Fakel engineers analyzed all available domestic and foreign experience in the field of designing this type of missiles. The Fakel specialists drew appropriate conclusions that allowed them to once again attain good results.

The 9M33 differs from similar missiles primarily by its freely rotating wing unit. Employment of this unit allowed the specialists to considerably expand the capacity of the canard aerodynamic scheme used in the missile. The wing unit has reduced the negative impact of stray forces and torques on the missile flight performance. It resulted in weight reduction of the missile control system, while the overall efficiency of the latter remained unaltered.

The Osa-M system features two launcher guides that are retracted under the deck when the ship is on the move being out of combat. The system's perfect performance and easy handling have made Osa-M one of the most mass-produced shipborne AD systems.

By the late 1960s, the qualitative change in the alignment of forces at sea became apparent. This change resulted, first and foremost, from the emergence of new, even more efficient types of missile weaponry, with aircraft, surface ships and submarines being extensively armed with максимальная надежность и простота в эксплуатации.

В основу разработки 5В55РМ, поступившей на вооружение кораблей ВМФ в начале 80-х годов, было положено широкое использование принципиально новых конструкторских решений, материалов и передовых технологий, применение интегральных схем и электронной цифровой техники нового поколения. И специалисты "Факела" создали, без сомнения, выдающуюся ракету. В ней нашли отражение самые передовые технические достижения в данной области, были предвосхищены практически все основные направления, по которым пошла в последующие десятилетия разработка новых зенитных ракет в мире. Неотъемлемой частью зенитной ракеты стал герметичный транспортно-пусковой контейнер (ТПК), в котором она находится все время своей службы. Из него же она стартует с помощью катапультирующего устройства. Это свело к минимуму количество и продолжительность предстартовых операций и, соответственно, обеспечило высокий темп стрельбы. Запуск маршевого двигателя ракеты при таком старте производится после ее подъема на высоту около 20 метров над палубой корабля. Все это позволило значительно повысить скорострельность комплекса (поскольку все ракеты находятся непосредственно на пусковой установке и готовы к немедленному пуску); дало возможность обеспечить эффективную круговую оборону от самолетов и ракет, летящих с любых направлений, рациональным образом использовать жестко ограниченные объемы боевого корабля (и соответственно, увеличить располагаемый на нем боекомплект); уменьшило "зоны запрета" при пусках ракет, так как при наклонном старте их полет должен проходить, минуя корабельные надстройки.

Пуск ЗРК 5В55РМ
Launch of 5V55RM missile

Высокая точность попадания в цель в широком диапазоне высот и дальностей полета достигнута за счет использования нового метода наведения ракеты на цель, представляющего собой органичное сочетание традиционного радиокомандного метода (использовавшегося

these weapon systems. High supersonic speed and lowest possible flight levels, high maneuver capability, low detectability, enhanced kill capacity, suitability for delivering massive strikes and attacks from different directions – this the far from complete list of characteristics of the new generation of air attack weapons. Naturally, their advent altered not only the nature of the naval warfare, but also its scale.

As far back as in the mid-1960s, the Fakel Engineering Design Bureau began developing the new-generation AD missiles capable of efficiently repelling the most intensive air attacks. The first one in this series was the 5V55RM medium-range missile intended for the shipborne Rif S-300F AD missile system. This system was supposed to be installed on the combatants with a displacement of over 5,000 tons.

The problems that arose during the elaboration of the 5V55RM fundamentally differed from all those that the Fakel specialists had encountered earlier. The new missile system had to be multichannel, provide effective all-round defense of the naval forces and possess a high rate of fire. The system location and the method of missile launch from the under-deck drum-type launchers had no analogs either. Therefore, the new missile was expected to possess not only high performance characteristics, but also be highly suitable for mass production, reliable and easy to operate.

The development of the 5V55RM that was adopted for service with the naval ships in the early 1980s was based on an extensive use of fundamentally new design concepts, materials and advanced know-how, as well as the use of new-generation integrated circuits and digital equipment.

No doubt, the Fakel specialists created an outstanding missile. It incorporated the state-of-the-art technical achievements in the given field and anticipated virtually all major world trends in the AD missile engineering for decades to come. A sealed transporting-launching container in which the missile is kept during the entire service life, has become an integral part of the AD missile. The missile is launched from this container with the aid of a catapult. It has resulted in minimizing the number and duration of the prelaunch operations and, as a result, ensured a high firing rate. Such launch allows starting the sustainer engine when the missile rises to about 20 m above the ship's deck. All this has made it possible to considerably increase the system's firing rate, since all missiles are kept directly on the launcher and are ready for immediate launching. It has also made it possible to provide effective all-round defense against aircraft and missiles approaching from any direction, as well as to rationally use the limited space on board a combatant and, consequently, increase the number of missiles carried by the ship. Finally, it has reduced the "no-launch" zone, since when missiles are launched at an angle, their flight trajectory should avoid the ship's topside.

The high target hit probability within a wide range of flight altitudes and для всех предыдущих корабельных ракет “Факела”) с полуактивным радиолокационным самонаведением.

В 90-е годы широкую известность получила зенитная ракета малой дальности 9М330, также разработанная на “Факеле”. Она используется в составе комплекса “Клинок”, предназначенного для самообороны боевых кораблей различных классов водоизмещением свыше 800 тонн. Как и “Риф”, этот комплекс также относится к числу многоканальных – его ракеты могут одновременно поражать до четырех целей.

Ракета 9М330 комплекса “Клинок”, как и ее предшественница, выполнена по аэродинамической схеме “утка”, она также использует свободно вращающийся крыльевой блок. Ее крылья выполнены складными, что дало возможность разместить 9М330 в ТПК квадратного сечения, размеры которого лишь ненамного превышают размеры самой ракеты. Старт 9М330, как и 5В55РМ, осуществляется вертикально из подпалубной пусковой установки барабанного типа с помощью катапульты, а запуск двигателя ракеты происходит на безопасной высоте над кораблем. Подобный вид старта стал своего рода фирменным знаком ракет МКБ “Факел”. Но в ракете 9М330 он дополнен не имеющей аналогов газодинамической системой склонения, с помощью которой менее чем за одну секунду, в процессе подъема на высоту запуска маршевого двигателя, ракета разворачивается в сторону цели.

В настоящее время ракета 9М330 находится на вооружении тяжелых авианесущих крейсеров, атомных ракетных крейсеров и других кораблей.

Последним по времени корабельным оружием, созданным на “Факеле”, стали ракеты для многоканального зенитного ракетного комплекса “Риф-М”. Этот комплекс предназначен для обороны ордера кораблей от массированных атак различных средств воздушного нападения: самолетов, авиационных крылатых ракет, противокорабельных крылатых ракет, в том числе совершающих маневр и летящих на предельно малых высотах.

В отличие от созданного ранее ЗРК “Риф”, комплекс “Риф-М” способен одновременно обстреливать до 6-ти целей, находящихся на расстоянии до 120 км, и успешно бороться с противокорабельными ракетами на высотах до 10 метров. Зенитная управляемая ракета 48Н6 в составе этого комплекса также использует принцип “холодного” вертикального старта, имеет улучшенную двигательную установку и увеличенную осколочно-фугасную боевую часть.

Ракеты нового поколения, разработанные на “Факеле”, роднит не только высокий уровень достигнутых характеристик и возможность применения в различных родах войск. Впервые в мировой практике на вооружение боевых кораблей поступили ракеты, обладающие возможностью их длительной (до 10 и более лет) беспроверочной эксплуатации. В течение всего этого срока ракеты, находясь в самых суровых климатических условиях, в многомесячных океанских походах, не требуют никакого обслуживания.

distances has been achieved due to the employment of a new method of guiding the missile to a target – an organic combination of the traditional radio-command guidance (used in all previous shipborne missiles manufactured by Fakel) with semiactive radar homing.

In the 1990s, the 9M330 short-range AD missile (also designed by Fakel) became widely known. It is used in the Klinok weapon system intended for providing self-defense of various types of combatants with a displacement exceeding 800 tons. Similar to Rif, the Klinok is also a multichannel system: its missiles are capable of simultaneously engaging up to 4 targets.

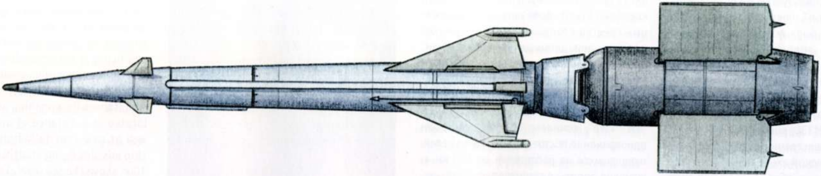
Just like its predecessor, the 9M330 missile used in the Klinok system has a canard configuration and a freely rotating wing unit. It has folding wings, which has enabled the specialists to place the 9M330 in a square-section transporting-launching container with dimensions only slightly bigger than the actual missile. Just like the 5V55RM, the 9M330 missile is catapulted vertically from an under-deck drum-type launcher, with its engine starting at a safe altitude above the ship's deck. This kind of launching technique has become a kind of a trademark for Fakel's missiles. But in the 9M330 it has been complemented with a unique gas dynamic control system, which turns the missile in the direction of the target in less than a second, while the missile is moving up to an altitude where the sustainer is started.

The 9M330 missile is currently in service with heavy aircraft-carrying cruisers, nuclear-powered missile cruisers and other types of ships.

Missiles for the Rif-M multichannel AD missile system have become the latest shipborne weapon developed by Fakel. The system is intended for defending an order of ships against massive attacks of various air attack weapons, i.e. aircraft, air-borne cruise missiles, antiship cruise missiles, including the ones maneuvering and flying at extremely low altitudes.

Unlike the earlier-created Rif AD missile system, the Rif-M system is capable of simultaneously engaging up to 6 targets located at a distance of up to 120 km, as well as to successfully fight against antiship missiles flying at altitudes lower than 10 m above the sea level. The 48N6 missile used in this system also employs the principle of a cold vertical start being fitted with an upgraded engine and a larger fragmentation warhead.

All Fakel-developed missiles of the new generation feature not only good performance characteristics and the possibility of employment in different armed services. For the first time in the world, the combatant ships have been armed with missiles that can remain in service without maintenance for a long time (10 years and more). Within all this period, the missiles require no maintenance even in the most severe climatic conditions, including the months-long ocean cruises.



Зенитная управляемая ракета малой дальности 4К90 предназначена для поражения различных средств воздушного нападения: самолетов стратегической, тактической и морской авиации, а также ракет – в широком диапазоне условий их боевого применения.

4К90 представляет собой двухступенчатую ракету, выполненную по аэродинамической схеме "утка". Старт ракеты – наклонный, с пусковой установки, наводимой по углу и азимуту места. Управление полетом и наведение на цель осуществляются по радиокомандам, которые поступают от корабельной станции наведения. Подрыв боевой части осуществляется при подлете к цели по команде радиовзрывателя.

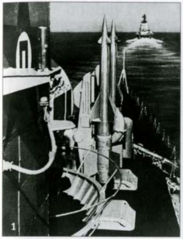
Первая ступень 4К90 – твердотопливный ускоритель с установленными на нем раскрываемыми после старта четырьмя стабилизаторами. Маршевая ступень ракеты также оснащена твердотопливной двигательной установкой. Конструктивно маршевая ступень 4К90 состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, агрегаты управления рулями ракеты, осколочно-фугасная боевая часть, блок бортовой аппаратуры, твердотопливный ракетный двигатель, приемники команд управления.

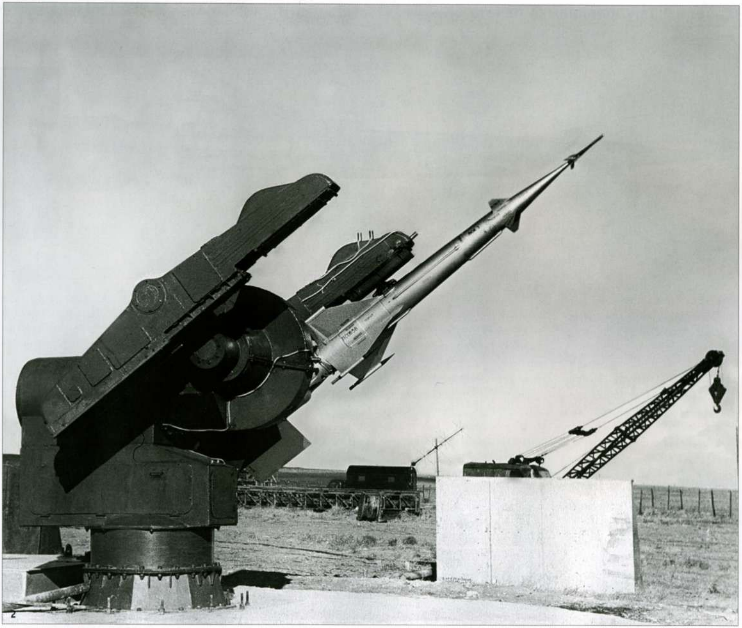
The 4K90 short-range AD missile is intended to engage various air attack weapons such as strategic, tactical and naval aircraft and missiles, in a wide range of their combat use.

The 4K90 is a two-stage missile employing a canard aerodynamic configuration. The missile is fired at an angle from a launcher laid in elevation and azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a shipboard guidance radar. The warhead is initiated by commands from a radar fuze in the proximity to the target.

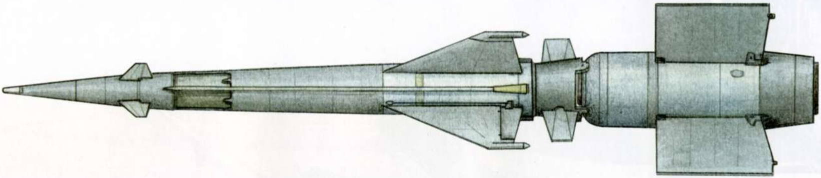
The first stage of the 4K90 is a solid-propellant booster with four stabilizing fins unfolded after launch. The sustainer stage of the missile is also fitted with a solid-propellant engine.

Structurally, the 4K90 sustainer stage comprises a number of sections housing a radar fuze, control surface actuators, a HE fragmentation warhead, an onboard equipment unit, a solid-propellant engine, and control command receivers.





1. *Ракеты 4К90*
   4K90 missiles
2. *Ракета 4К90 перед первым пуском, апрель 1958 г.*
   4K90 missile before its first launch, April 1958



Глубокая модернизация ракеты 4К90. Основными направлениями модернизации стали: использование более эффективного маршевого двигателя, боевого снаряжения и ряда элементов бортовой аппаратуры. Выполнение модернизации позволило увеличить зону поражения воздушных целей по дальности и высоте, эффективность поражения высокоскоростных целей.

4К91 представляет собой двухступенчатую ракету, выполненную по аэродинамической схеме "утка".

Старт ракеты – наклонный, с пусковой установки, наводимой по углу и азимуту места. Управление полетом и наведение на цель осуществляются по радиокомандам, которые поступают от корабельной станции наведения. Подрыв боевой части осуществляется при подлете к цели по команде радиовзрывателя.

Первая ступень 4К91 – твердотопливный ускоритель с установленными на нем раскрываемыми после старта четырьмя стабилизаторами и двумя тормозными поверхностями, которые служат для уменьшения дальности полета ускорителя после его отделения. Маршевая ступень ракеты также оснащена твердотопливной двигательной установкой. Конструктивно маршевая ступень 4К91 состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, агрегаты управления рулями ракеты, осколочно-фугасная боевая часть, блок бортовой аппаратуры, твердотопливный ракетный двигатель, приемники команд управления.

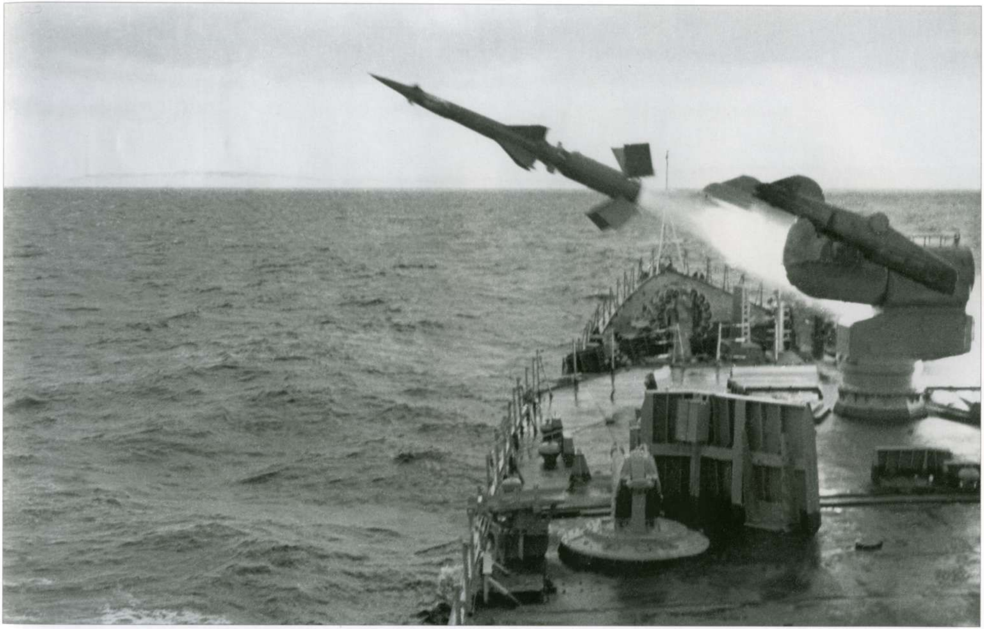
The 4K91 is a radically modernized version of the 4K90 missile. It features an upgraded sustainer, armament and some units of onboard electronic equipment. The modernization allows increasing the kill zone of air targets in range and altitude, and speed of the targets to be engaged.

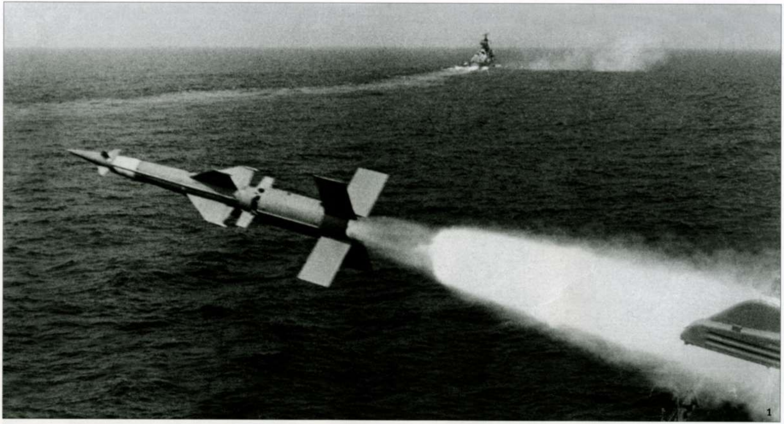
The 4K91 is a two-stage missile employing a canard aerodynamic configuration.

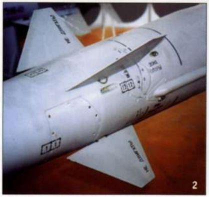
The missile is fired at an angle from a launcher laid in elevation and azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a shipboard guidance radar. The warhead is initiated by commands from a radar fuze in the proximity to the target.

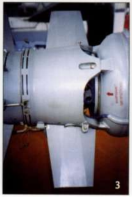
The first stage of the 4K91 is a solid-propellant booster with four stabilizing fins unfolded after launch and two braking surfaces mounted on the booster. The braking surfaces serve to reduce the booster's flight range after its separation from the missile. The sustainer stage of the missile is also fitted with a solid-propellant engine.

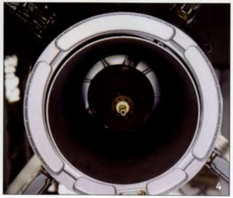
Structurally, the 4K91 sustainer stage comprises a number of sections housing a radar fuze, control surface actuators, a HE fragmentation warhead, an onboard equipment unit, a solid-propellant engine, and control command receivers.



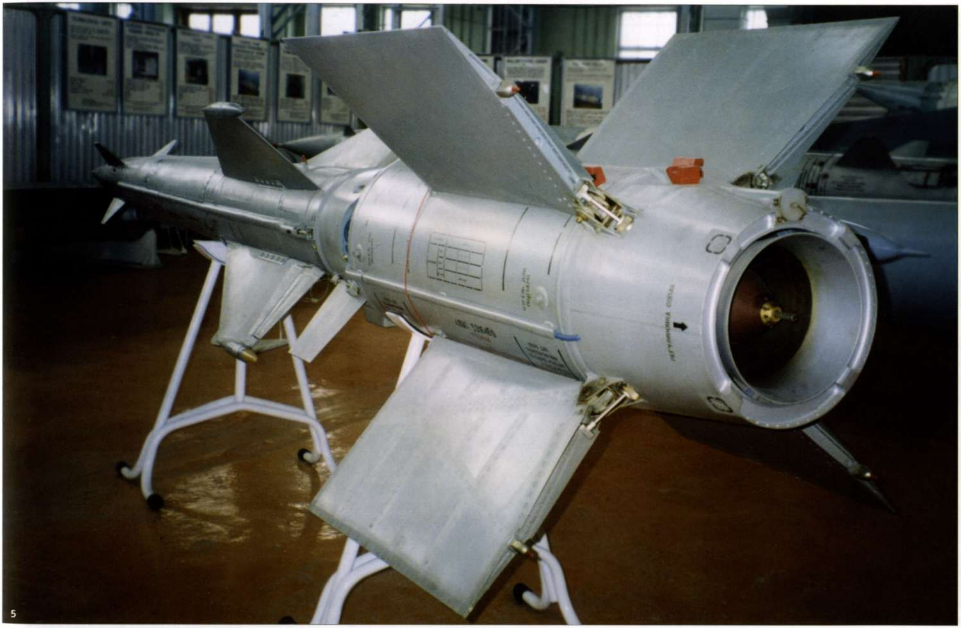




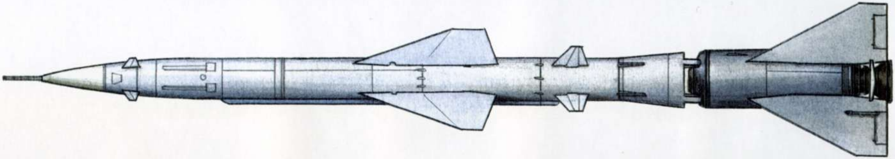




1. *Пуск ракеты 4К91*
   Launch of 4K91 missile
2. *Аэродинамические рули*
   Aerodynamic control surfaces
3. *Тормозные поверхности на стартовом ускорителе*
   Braking surfaces fixed on the booster
4. *Сопло стартового ускорителя*
   Booster nozzle
5. *Ракета 4К91 в музее МКБ "Факел"*
   4K91 missile in Fakel's Museum



5



Работы по первому отечественному корабельному ЗРК М-2 были начаты в соответствии с решением руководства страны от 13 августа 1955 года. ЗРК М-2 предназначался для ПВО корабля, для защиты от атакующих самолетов и управляемых ракет. В качестве огневого средства поражения комплекса М-2 должна была использоваться зенитная управляемая ракета 13ДМ, создание которой поручили МКБ “Факел”. Дальность действия первой отечественной корабельной ЗУР должна была составлять 29 км, высота перехвата воздушных целей – от 3 до 22 км.

Новая ракета представляла собой доработанную для применения в корабельных условиях двухступенчатую ракету 13Д зенитно-ракетного комплекса войск ПВО С-75. Для использования на кораблях нужно было изменить на этой ракете узлы подвески к направляющим пусковой установки, а также заменить ряд конструкционных материалов, с учетом их использования в морских условиях. Эскизный проект на М-2 требовалось выпустить в феврале 1957 года, а сдачу экспериментальных образцов произвести в конце 1957 года.

Первоначально хотели вооружить комплексами М-2 корабли, спроектированные на базе крейсеров проекта 68бис. Сначала предполагалось снять с них четыре башни 152-мм артиллерийских орудий и взамен установить четыре спаренные стабилизированные пусковые установки комплекса М-2 и две радиолокационные станции наведения ракет.

В конце 1956 года ЦКБ-34 стало разрабатывать корабельную пусковую установку ЗУР СМ-64. Она представляла собой спаренную стабилизированную пусковую установку с устройствами подачи и заряжания. Боекомплект должен был

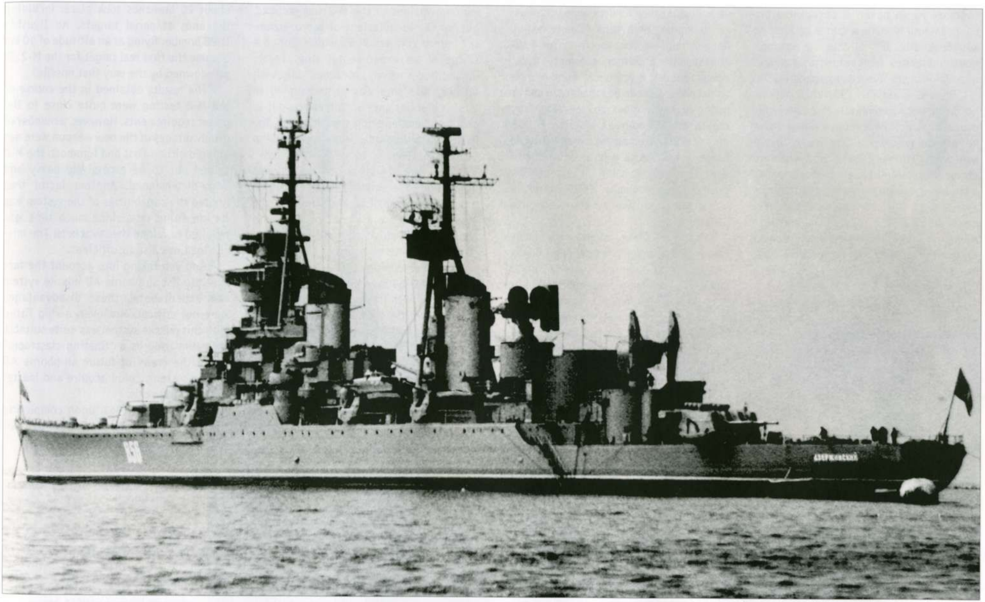
The development of the M-2, the first shipborne AD missile system in our country, began in compliance with a governmental resolution of August 13, 1955. The M-2 system was intended to defend ships against attack aircraft and guided missiles. The 13DM AD missile, the development of which was entrusted to the Fakel Engineering Design Bureau, was to become the weapon used in the M-2 system. The range of the first shipborne AD missile made in our country was supposed to be 29 km, and its aerial target attack altitude – 3 to 22 km.

The new missile was an upgraded shipborne version of the 13D two-stage missile used by the AD Forces with the S-75 system. To tailor the missile to naval use, it was necessary to change the design of the launcher hold-down lugs and to replace a number of engineering materials. The M-2 draft design was to be completed by February 1957, while its test models were to be ready in late 1957.

Originally, it was planned to install the M-2 systems on the ships designed on the basis of Project 68bis light cruisers. It was initially proposed to dismount four turrets of 152mm artillery pieces from these cruisers and to install four M-2 stabilized twin launchers and two missile-guidance radars, instead.

In late 1956, the Central Design Bureau #34 (TsKB-34) began to develop the SM-64 shipboard missile launcher. The SM-64 was a stabilized twin launcher with feeding and loading devices. The launcher was to feature an ammunition load of 44 missiles. Furthering the trend, the development of the M-2bis shipborne AD missile system was started. It was planned to use in this system the 20D missiles tailored to the naval needs.

However, in August 1957, all work on



Крейсер "Дзержинский" с ракетным комплексом М-2
Dzerzhinsky cruiser equipped with M-2 AD missile system

состоять из 44 ракет. В развитие этого направления начались также работы по корабельному ЗРК М-2бис, в котором предполагалось использовать модифицированные для нужд флота ракеты 20Д.

Однако в августе 1957 года работы по различным вариантам М-2 свернули, ограничившись перевооружением только одного корабля – крейсера "Дзержинский" (проект 70Э), получившего статус экспериментального. Этот корабль в своем исходном виде, то есть только с артиллерийским вооружением, был введен в строй в 1952 году. Руководить его модернизацией, окончательный проект которой утвердили в сентябре 1956 года, было поручено главному конструктору С.Т. Зайцеву.

Из-за больших габаритов ракет оказались недостаточными размеры артиллерийских погребов корабля. Вот почему на "Дзержинском" пришлось соорудить специальную надстройку высотой 3,3 метра.

Перестройка корабля была осуществлена в течение 1958 года в Севастополе. В окончательном варианте "Дзержинского" оснастили одной кормовой пусковой установкой СМ-64 с боекомплектом в 10 ракет и элементами зенитного ракетного комплекса: радиолокаторами и системой управления.

При создании комплекса М-2 удалось реализовать не все планировавшиеся решения. Так, несмотря на попытки внедрить автоматическую систему заправки маршевой ступени ракет топливом, в окончательном варианте остановились на их ручной заправке в ракетном погребе перед подачей на пусковую установку.

В конце 1958 года "Дзержинский" провел первые бросковые пуски 13ДМ, показавшие работоспособность пусковой установки и устройств подачи ракет из погреба, а также безопасность для корабельных надстроек воздействия струи стартового ускорителя ракеты. В 1959 году было осуществлено около 20 пусков ракет, в том числе и по воздушным целям. Первой реальной целью для М-2 стал бомбардировщик Ил-28, летевший на высоте 10 км. Он был сбит первой же ракетой.

Результаты, полученные в ходе испытаний М-2, оказались в основном близки заданным требованиям. Но не был оставлен без внимания и ряд недостатков нового оружия, и в первую очередь, то, что М-2 оказался излишне тяжелым и большим по габаритам. Другим фактором, который ограничивал возможности комплекса, стал невысокий темп стрельбы, поскольку требовалось значительное время на перезарядку пусковых установок. Оказался невелик и боезапас ракет.

И все-таки, учитывая экспериментальный характер первого корабельного ЗРК, эти недостатки не относились к разряду критических. Более того, оснащенный этим комплексом корабль вполне годился для использования его в качестве плавучей "парты", где могли приобретать и отрабатывать боевые навыки расчеты будущих корабельных ЗРК.

3 августа 1961 года, после завершения программы испытаний М-2, "Дзержинского" перевели в разряд учебных кораблей.

various versions of the M-2 was stopped, but for the reequipment of the *Dzerzhinsky* cruiser (Project 70E), which gained a status of an experimental ship. In its unmodified version, i.e. armed only with artillery, the ship was commissioned in 1952. Chief designer S. Zaitsev was put in charge of modernizing the ship, and the final draft upgrade was approved in September 1956.

Since the dimensions of the missiles were large, the ship's magazines turned out to be too small to accommodate the missiles. That's why it was necessary to equip the *Dzerzhinsky* with a special superstructure 3.3 meters high.

The reequipping of the ship was carried out in 1958 in Sevastopol. Finally, the *Dzerzhinsky* was fitted with an aft SM-64 launcher with a load of 10 missiles and some AD missile system's components: radars and a control system.

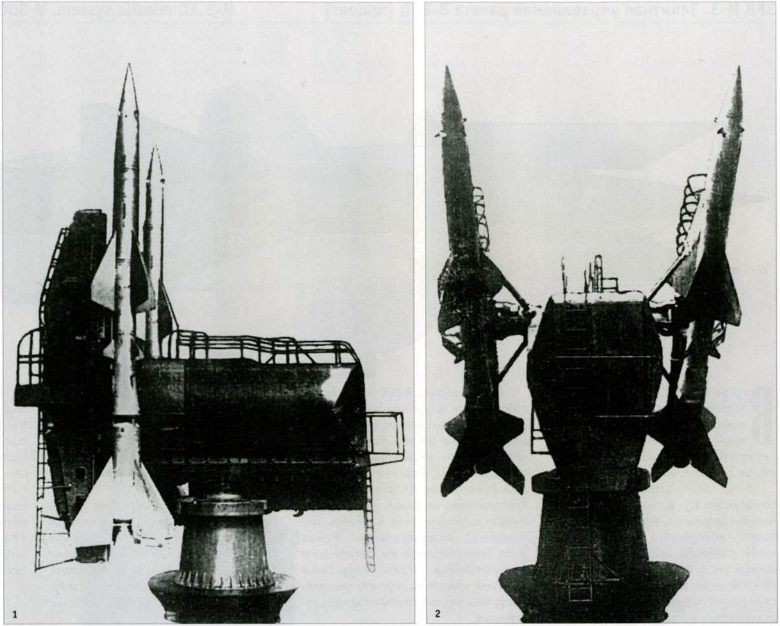
In the course of developing the M-2, it proved impossible to implement all proposed engineering solutions. Thus, despite all attempts to introduce an automated fueling system for the missile's sustainer stage, in the final version it was decided to stick to manual fueling of missiles in their stowage before feeding them onto a launcher.

In late 1958, the first drop launches of the 13DM missiles were carried out by the *Dzerzhinsky*. The launches demonstrated that the launcher itself, as well as the feeding and loading devices were operable, and the exposure of the ship's superstructures to a stream from the missile's launching booster was also safe. In 1959, about 20 launches took place, including the ones at aerial targets. An Ilyushin Il-28 bomber flying at an altitude of 10 km became the first real target for the M-2. It was downed by the very first missile.

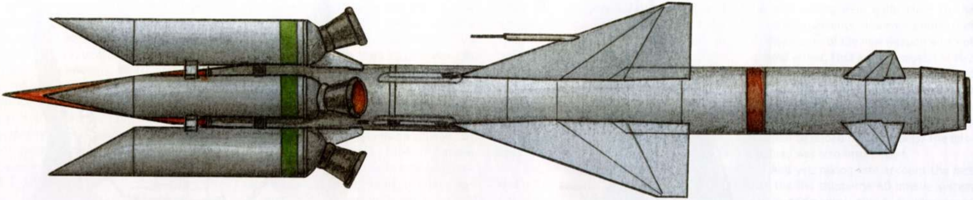
The results obtained in the course of the M-2 testing were quite close to the preset requirements. However, a number of disadvantages of the new weapon were not ignored either. First and foremost, the M-2 turned out to be excessively heavy and large-dimensioned. Another factor that limited the capabilities of the system was its low firing rate, since much time was required to reload the launchers. The missile load was also insufficient.

And yet, taking into account the fact that the fist shipborne AD missile system was experimental, these disadvantages were not critical. Moreover, a ship fitted with this missile system was quite suitable for being used as a "floating classroom" where the crews of future shipborne AD missile systems could acquire and master their combat skills.

On August 3, 1961, upon completing the M-2 test program, the *Dzerzhinsky* was redesignated as a training ship.



1,2. *Ракеты 13ДМ на пусковой установке*
13DM missiles on the launcher



В 1956-57 годах в МКБ "Факел" проводились работы по изучению возможности создания ЗУР В-800 для корабельной зенитной ракетной системы М-3, обладавшей большей дальностью действия, чем системы М-1 и М-2.

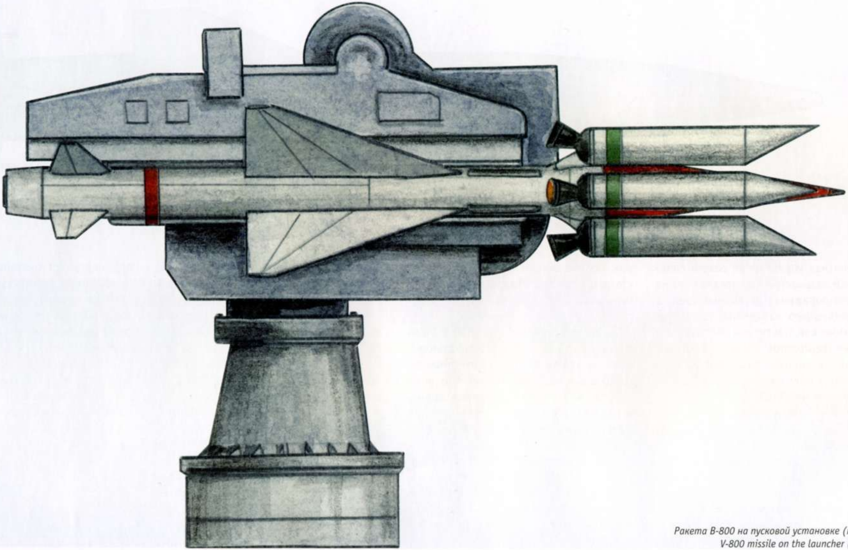
В-800 представляла собой двухступенчатую ракету, выполненную по нормальной аэродинамической схеме. Старт ракеты – наклонный, с корабельной пусковой установки, наводимой по углу и азимуту места. Управление полетом ракеты и наведение ее на цель осуществляется по радиокомандам, которые поступают от корабельной станции наведения.

Первая ступень В-800 представляет собой четыре твердотопливных двигателя, установленных в передней части маршевой ступени ракеты. Маршевая ступень оснащена жидкостной двигательной установкой с насосной системой подачи компонентов топлива в двигатель. Конструктивно маршевая ступень В-800 состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, боевая часть, блоки бортовой аппаратуры, баки с компонентами топлива, жидкостный ракетный двигатель, агрегаты управления рулями ракеты, приемник команд управления.

In 1956-1957, the Fakel Engineering Design Bureau studied the possibility of creating the V-800 missile for the naval M-3 AD missile system, which could boast of a longer operating range compared to the earlier created M-1 and M-2 systems.

The V-800 was a two-stage missile employing a normal aerodynamic configuration. The missile is launched at an angle from a shipboard launcher laid in elevation and azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a shipboard guidance radar.

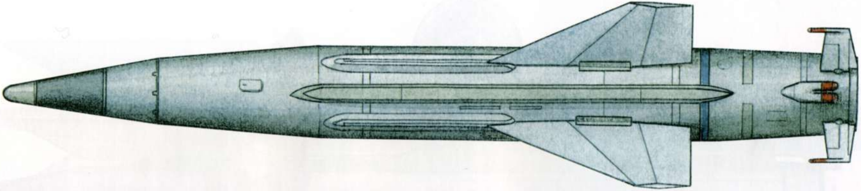
The first stage of the V-800 consists of four solid-propellant engines arranged in the fore part of the missile's sustainer stage. The sustainer stage is fitted with a liquid-propellant pump-feed engine. Structurally, the sustainer stage of the V-800 consists of a number of sections housing a radar fuze, a warhead, onboard equipment units, propellant tanks, a liquid-propellant engine, missile control surface actuators and a control command receiver.



Ракета В-800 на пусковой установке (проект)
V-800 missile on the launcher (project)

ЗРК М-11. Зенитная управляемая ракета 4К60

M-11 AD missile system. 4K60 guided missile



Зенитная управляемая ракета средней дальности 4К60 предназначена для поражения различных средств воздушного нападения: самолетов стратегической, тактической и морской авиации, вертолетов и ракет различных классов – в широком диапазоне условий их боевого применения, а также малоразмерных надводных целей.

4К60 – одноступенчатая ракета, выполненная по нормальной аэродинамической схеме.

Старт ракеты – наклонный, с пусковой установки, наводимой по углу и азимуту места. Управление полетом ракеты и наведение ее на цель осуществляются по радиокомандам, которые поступают от расположенной на корабле станции наведения. Подрыв боевой части ракеты осуществляется при подлете к цели по команде радиовзрывателя либо по команде, поступающей от станции наведения.

Конструктивно ракета 4К60 состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, осколочно-фугасная боевая часть, блоки бортовой аппаратуры, двухрежимный твердотопливный ракетный двигатель, приемники команд управления, агрегаты управления рулями ракеты.

После модернизации бортовой аппаратуры и совершенствования метода наведения ракеты стало возможным поражение малоразмерных целей на сверхмалых высотах.

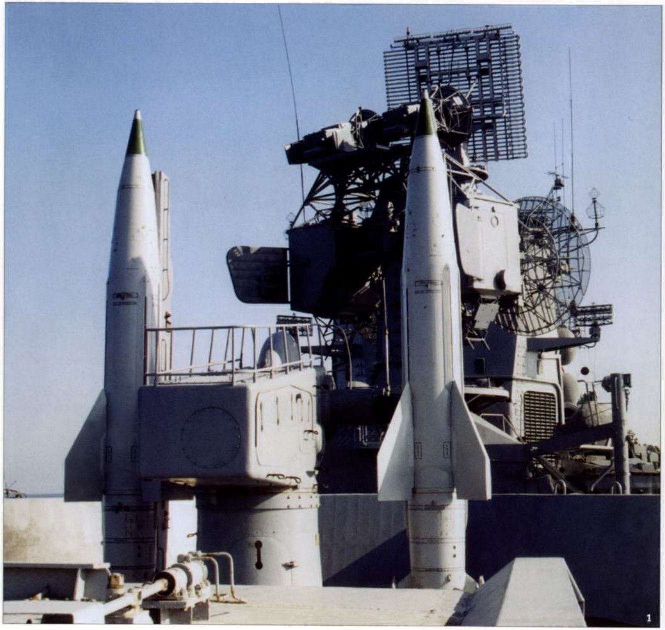
The 4K60 medium-range missile is intended to engage various air attack weapons: tactical and naval aircraft, helicopters and various types of missiles in a wide range of their combat use, as well as small surface targets.

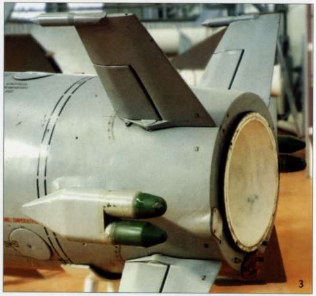
The 4K60 is a single-stage missile employing a normal aerodynamic configuration.

The missile is fired at an angle from a launcher laid in elevation and azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a shipborne guidance radar. The warhead is detonated in proximity to the target by command from a radar fuze or from a guidance radar.

Structurally, the 4K60 missile consists of a number of sections housing a radar fuze, missile control surface actuators, a HE fragmentation warhead, onboard equipment units, a dual-mode solid-propellant rocket engine, and control command receivers.

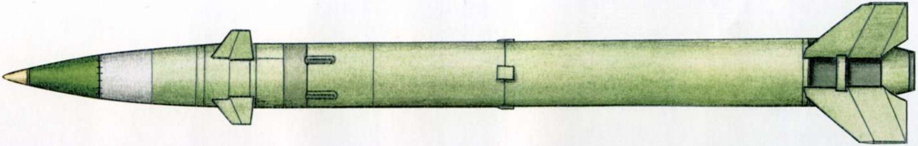
The modernization of onboard equipment units as well as the perfection of the missile's guidance allow engaging small-size targets at extra low altitudes.





1. *Ракеты 4К60 на пусковой установке*
   4K60 missiles on the launcher
2. *Крыло ракеты 4К60*
   Wing of 4K60 missile
3. *Аэродинамические рули и антенны*
   Aerodynamic control surfaces and antennas (4K60 missile)
4. *Пуск ракеты 4К60*
   Launch of 4K60 missile

4



Зенитная управляемая ракета малой дальности 9М33 предназначена для поражения различных средств воздушного нападения: самолетов тактической и морской авиации, вертолетов и ракет различных классов - в широком диапазоне условий их боевого применения, а также малоразмерных надводных целей.

9М33 – одноступенчатая ракета, выполненная по аэродинамической схеме "утка", со свободно вращающимся хвостовым крыльевым блоком.

Старт ракеты – наклонный, с пусковой установки, наводимой по углу и азимуту места. Управление полетом ракеты и наведение ее на цель осуществляются по радиокомандам, которые поступают от расположенной на корабле станции наведения. Подрыв боевой части ракеты осуществляется при подлете к цели по команде радиовзрывателя либо по команде, поступающей от станции наведения.

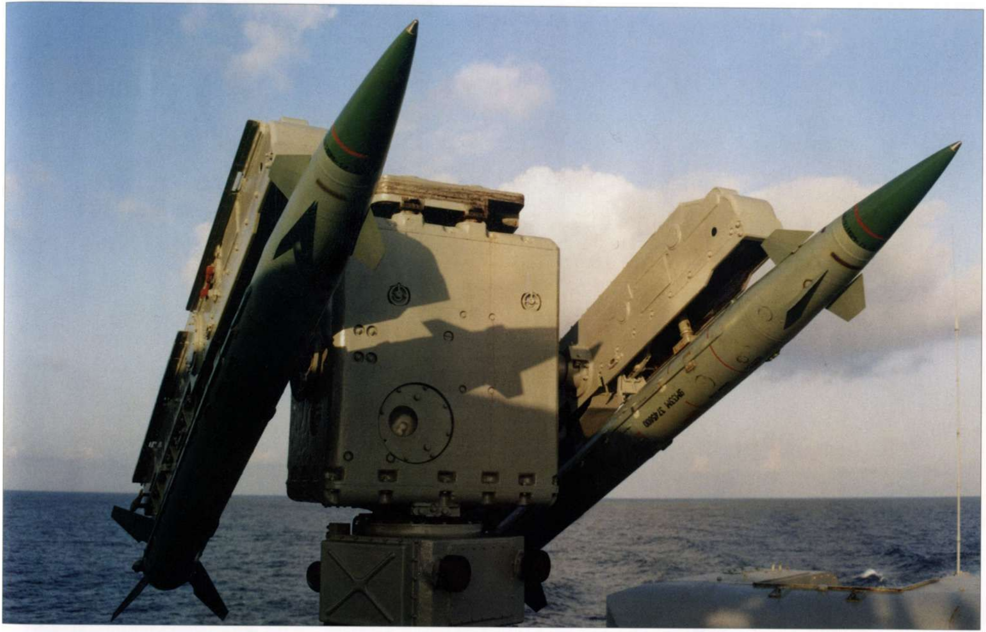
Конструктивно ракета 9М33 состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, агрегаты управления рулями ракеты, осколочно-фугасная боевая часть, блоки бортовой аппаратуры, двухрежимный твердотопливный ракетный двигатель, приемники команд управления.

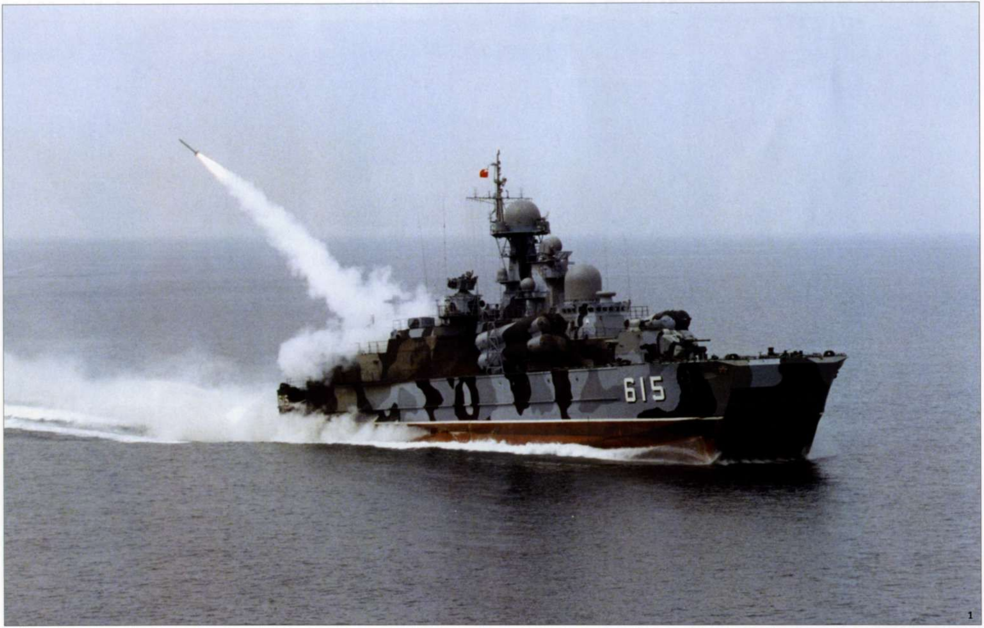
The 9M33 short-range missile is intended to engage various air attack weapons: tactical and naval aircraft, helicopters and various types of missiles in a wide range of their combat use, as well as small surface targets.

The 9M33 is a single-stage missile employing a canard aerodynamic configuration with a freely-rotating aft wing unit.

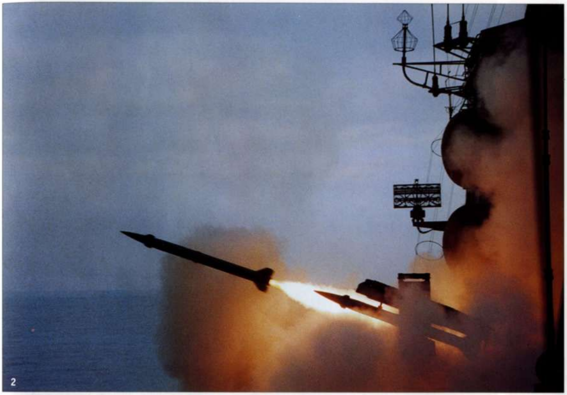
The missile is fired at an angle from a launcher laid in elevation and azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a shipborne guidance radar. The warhead is detonated in proximity to the target by command from a radar fuze or from a guidance radar.

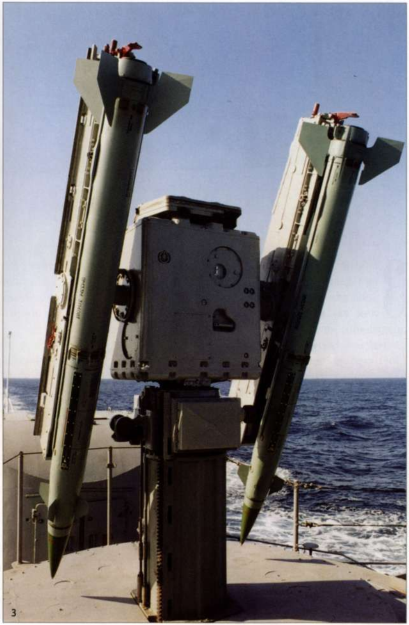
Structurally, the 9M33 missile consists of a number of sections housing a radar fuze, missile control surface actuators, a HE fragmentation warhead, onboard equipment units, a dual-mode solid-propellant rocket engine, and control command receivers.



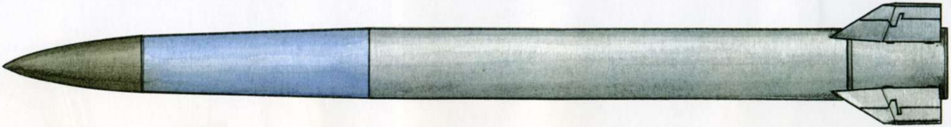


1


2


3

1. *Пуск ракеты 9М33 с ракетного корабля на воздушной подушке "Бора"*
   9M33 missile launched from air-cushion missile ship Bora
2. *Старт ракеты 9М33 с большого противолодочного корабля*
   9M33 missile launched from a large ASW ship
3. *Заряжание пусковой установки ракетами 9М33*
   Launcher being loaded with 9M33 missiles



Зенитная управляемая ракета средней дальности 5В55РМ предназначена для поражения как современных, так и перспективных средств воздушного нападения: самолетов стратегической, тактической и морской авиации, стратегических крылатых ракет, авиационных ракет, тактических и оперативно-тактических баллистических ракет, беспилотных летательных аппаратов – в широком диапазоне условий их боевого применения.

Ракета эксплуатируется в герметичном транспортно-пусковом контейнере (ТПК) и не требует проверок и регулировок в течение всего срока службы.

5В55РМ – одноступенчатая ракета, выполненная по нормальной аэродинамической схеме, с раскрываемыми после старта рулями.

Старт ракеты – вертикальный, с помощью установленной в ТПК катапульты, без предварительного разворота пусковой установки в сторону цели. После запуска двигателя ракета склоняется в требуемом направлении в зависимости от положения цели при помощи газовых рулей-элеронов.

При наведении ракеты используется принцип сопровождения цели через ракету. Осколочно-фугасная боевая часть большой мощности в сочетании с высокими перегрузками, которые способна выдерживать ракета, обеспечивают эффективное поражение целей, в том числе и интенсивно маневрирующих.

Ракета 5В55РМ оснащена высокоэффективным твердотопливным двигателем. Конструктивно она состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиопеленгатор, аппаратурный отсек (бортовая аппаратура выполнена в виде моноблока), осколочно-фугасная боевая часть, твердотопливный ракетный двигатель, агрегаты управления рулями ракеты.

The 5V55RM medium-range missile is intended to engage the in-service air attack weapons as well as those under development, including strategic, tactical and naval aircraft, strategic cruise missiles, air-launched missiles, tactical and theater ballistic missiles and UAVs in a wide range of their combat use.

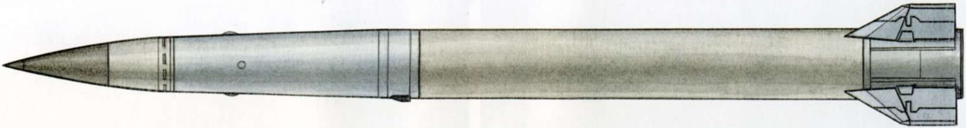
The missile is operated in a sealed transporting-launching container and requires no maintenance or check-ups throughout its entire service life.

The 5V55RM is a single-stage missile employing a normal aerodynamic configuration with control surfaces that are unfolded after launch.

The missile is launched vertically with an aid of a catapult mounted in the transporting-launching container, without prior laying the launcher in the direction of the target. After the blast-off, depending on the position of the target, the missile is deflected in the desired direction by means of gas vanes (ailerons).

Missile guidance is of the missile-tracking type. A powerful fragmentation warhead coupled with the missile's ability to withstand high g-loads ensures efficient destruction of targets, including the intensively evading ones.

The 5V55RM missile is fitted with a powerful solid-propellant engine. Structurally, it consists of a number of sections housing a radio direction finder, an equipment section (the onboard equipment features a monoblock unit), a HE fragmentation warhead, a solid-propellant rocket engine, and missile control surface actuators.



Зенитная управляемая ракета большой дальности 48Н6 предназначена для поражения как современных, так и перспективных средств воздушного нападения: самолетов стратегической, тактической и морской авиации, стратегических крылатых ракет, авиационных ракет, тактических и оперативно-тактических баллистических ракет, беспилотных летательных аппаратов, – во всем диапазоне условий их боевого применения.

Ракета эксплуатируется в герметичном транспортно-пусковом контейнере (ТПК) и не требует проверок и регулировок в течение всего срока службы. 48Н6 – одноступенчатая ракета, выполненная по нормальной аэродинамической схеме, с раскрываемыми после старта рулями.

Старт ракеты – вертикальный, с помощью установленной в ТПК катапульты, без предварительного разворота пусковой установки в сторону цели. После запуска двигателя ракета склоняется в требуемом направлении в зависимости от положения цели при помощи газовых рулей-элеронов.

При наведении ракеты используется принцип сопровождения цели через саму ракету. Осколочно-фугасная боевая часть большой мощности в сочетании с высокими перегрузками, которые способна выдерживать ракета, обеспечивают эффективное поражение целей, в том числе и интенсивно маневрирующих.

The 48N6 long-range missile is intended to engage the in-service air attack weapons as well as those under development, including strategic, tactical and naval aircraft, strategic cruise missiles, air-launched missiles, tactical and theater ballistic missiles, and UAVs in the complete range of their combat use.

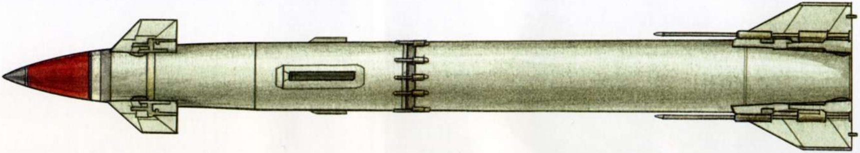
The missile is operated in a sealed transporting-launching container and requires no maintenance or check-ups throughout its entire service life.

The 48N6 is a single-stage missile employing a normal aerodynamic configuration with control surfaces that are unfolded after launch.

The missile is launched vertically with an aid of a catapult mounted in the transporting-launching container, without prior laying the launcher in the direction of the target. After the blast-off, depending on the position of the target, the missile is deflected in the desired direction by means of gas vanes (ailerons).

Missile guidance is of the missile-tracking type. A powerful fragmentation warhead coupled with the missile's ability to withstand high g-loads ensures efficient destruction of targets, including the intensively evading ones.

1. *Тяжелый атомный ракетный крейсер "Петр Великий" с ракетным комплексом "Риф-М"*
   Heavy nuclear-powered missile cruiser Pyotr Veliky equipped with Rif-M AD missile system
2. *Транспортно-пусковые контейнеры с ракетами 48Н6 в подпалубном пространстве крейсера*
   Transporting-launching containers with 48N6 missiles under deck of the cruiser
3. *Пуск ЗУР с крейсера "Петр Великий"*
   Guided missile launched from cruiser Pyotr Veliky



Зенитная управляемая ракета малой дальности 9М330 предназначена для поражения различных средств воздушного нападения: самолетов тактической и морской авиации, вертолетов, управляемых бомб и ракет различных классов – в широком диапазоне условий их боевого применения, а также малоразмерных надводных целей.

Ракета эксплуатируется в герметичном транспортно-пусковом контейнере (ТПК), не требует проверок и регулировок в течение всего срока службы.

9М330 – одноступенчатая ракета, выполненная по аэродинамической схеме "утка", с раскрываемым после старта свободно вращающимся хвостовым крыльевым блоком. Старт ракеты – вертикальный, с помощью установленной в ТПК катапульты, без предварительного разворота пусковой установки в сторону цели. После выхода ракеты из ТПК, перед запуском разгонно-маршевого двигателя, она склоняется в требуемом направлении с помощью специальной газодинамической системы.

Управление полетом ракеты и наведение ее на цель осуществляется по радиокомандам, которые поступают от расположенной на корабле станции наведения. Подрыв боевой части ракеты производится при подлете к цели по команде радиовзрывателя либо по команде, поступающей от станции наведения.

Конструктивно ракета 9М330 состоит из ряда отсеков, в которых расположены: радиовзрыватель, агрегаты управления рулями ракеты, система газодинамического склонения ракеты, осколочно-фугасная боевая часть, блоки бортовой аппаратуры, двухрежимный твердотопливный ракетный двигатель, приемники команд управления.

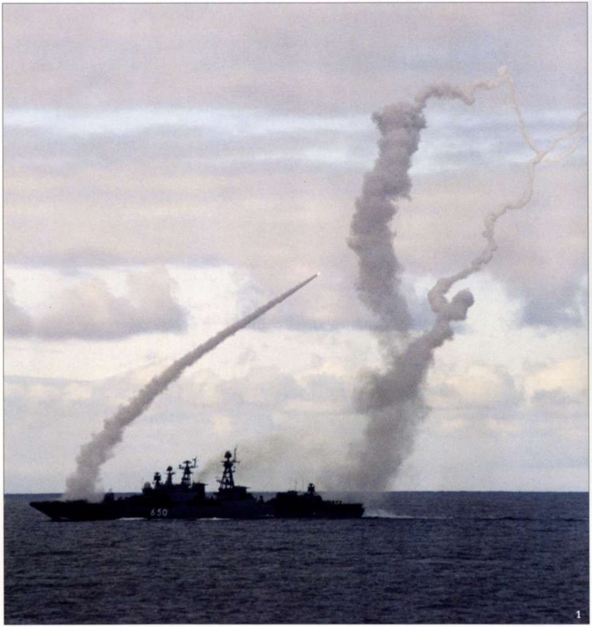
The 9M330 short-range missile is intended to destroy various air attack weapons: tactical and naval aircraft, helicopters, guided bombs and various types of missiles in a wide range of their combat use, as well as small surface targets.

The missile is operated in a sealed transporting-launching container and does not require any maintenance and check-ups throughout its entire service life.

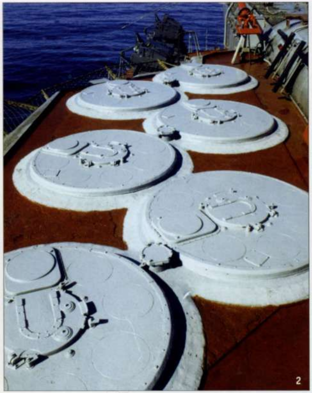
The 9M330 is a single-stage missile employing a canard aerodynamic configuration with a freely-rotating aft wing unit that unfolds after the blast-off. The missile is launched vertically from its transporting-launching container by means of a catapult mounted in the container, without prior laying the launcher in the direction of the target. After the missile leaves the transporting-launching container and before the sustainer booster is started, the missile is deflected in the desired direction by means of a special gas dynamic system.

Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a guidance radar mounted aboard a ship. The warhead is detonated in proximity to the target by a command from a radar fuze or from a guidance radar.

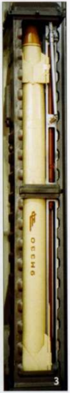
Structurally, the 9M330 missile consists of a number of sections housing a radar fuze, missile control surface actuators, a gas dynamic missile deflection system, a HE fragmentation warhead, onboard equipment units, a dual-mode solid-propellant rocket engine, and control command receivers.



1



2



3

1. *Залповый пуск ракет 9М330 с борта большого противолодочного корабля "Адмирал Чабаненко"*
   9М330 missiles launched in salvo from large ASW ship Admiral Chabanenko
2. *Крышки пусковых установок ракетного комплекса "Клинок"*
   Klinok AD missile system launchers' covers
3. *Ракета 9М330 в транспортно-пусковом контейнере*
   9М330 missile in transporting-launching container

Старт ракеты 9М330 с борта тяжелого авианесущего крейсера "Адмирал флота Советского Союза Н.Г. Кузнецов"
9М330 missile launched from heavy aircraft-carrying cruiser Admiral of the Fleet ot the Soviet Union N.G. Kuznetsov

4. *Склонение ракеты*
   Missile deflecting in the required direcrtion
5. *Запуск маршевого двигателя*
   Sustainer starting

Характеристики зенитных управляемых ракет для корабельных ЗРК
Missiles for Naval Air Defense Systems (Basic Characteristics)

Название	Designation	Зона поражения, км Target engagement zone, km		Максимальная скорость поражаемой цели, км/ч Max target speed, km/h	Масса ракеты, кг Missile weight, kg	Масса боевой части ракеты, кг Warhead weight, kg	Размер ракеты, м Overall dimensions, m		
		по дальности range	по высоте altitude				длина length	диаметр diameter	размах крыльев (стабилизаторов) wing (fins) span
4К90	4K90	3.5 - 15	0.1 - 10	1500	912	60	5.89	0.375	(2.2)
4К91	4K91	3.5 - 24	0.1 - 18	2000	953	70	6.093	0.375	(2.2)
13ДМ	13DM	7 - 34	3 - 27	1500	2281	190	10.58	0.5	2.57
В-800	V-800	8 - 55	2 - 25	2000	4250	200	10.0	0.6	2.9
4К60	4K60	6 - 33.5	0.1 - 25	2000	1839	125	6.165	0.655	1.7
9М33	9M33	1.5 - 10	0.025 - 5	1800	127	14.5	3.153	0.208	0.65
5В55РМ	5V55RM	5 - 75	0.025 - 25	4300	1665	130	7.25	0.514	1.133
48Н6	48N6	5 -120	0.01 - 27	10000	1800	143	7.5	0.519	1.133
9М330	9M330	1.5 - 12	0.01 - 6	2500	165	14.5	2.895	0.23	0.65

Авиационные ракеты класса “воздух-воздух”

Air-to-Air Missiles

В числе первых задач, поставленных перед МКБ "Факел", было выполнение испытаний и отработка авиационной управляемой ракеты класса "воздух-воздух" РС-1У. Создавать эту ракету начали в 1951 году в КБ-1. К работе над ней был привлечен ряд ведущих научно-исследовательских и конструкторских организаций страны. Передача РС-1У в ведение МКБ "Факел" практически не повлекла за собой изменений в сроках проведения работ.

Для выполнения поставленной задачи в МКБ "Факел" были задействованы опытное производство и испытательные службы предприятия. Специалисты конструкторского бюро обеспечивали и проведение первых в нашей стране пусков авиационных управляемых ракет по самолетам-мишеням. Первый из них состоялся 8 марта 1955 года по самолету-бомбардировщику Ту-4.

В 1956 году ракета РС-1У была принята на вооружение истребителей-перехватчиков МиГ-17ПФУ и Як-25К.

Дальнейшим развитием этой ракеты стала РС-2У, разработка которой началась в конце 1954 года. Ее основными отличиями от РС-1У были большая дальность пуска и больший диапазон скоростей и высот применения, что позволяло использовать ее в составе комплексов вооружения более скоростных и высотных истребителей-перехватчиков. РС-2У была принята на вооружение в ноябре 1957 года и в дальнейшем применялась в качестве основного вида оружия истребителей-перехватчиков МиГ-19ПМ и Су-9.

Успешные первые шаги в создании управляемого ракетного вооружения позволили МКБ "Факел" приступить к выполнению нового задания – созданию авиационной ракеты К-6. Разработка этой ракеты, предназначавшейся для использования перспективными самолетами-перехватчиками (И-3, Е-150 и рядом других), велась с декабря 1954 года. В ходе работы был продемонстрирован высокий потенциал специалистов предприятия. Они предложили ряд конструкторских решений, реализация которых должна была заметно улучшить характеристики ракеты, упростить ее производство и эксплуатацию. Однако из-за значительной загрузки предприятия зенитной ракетной тематикой, работы по К-6 и ее модернизированному варианту К-6В в апреле 1958 года были прекращены.

В середине 1960-х годов – в эпоху реорганизации авиационной и ракетостроительной промышленности – в МКБ "Факел" было разработано еще два проекта авиационных управляемых ракет. Обе дальнего действия. Они предназначались для использования истребителями-перехватчиками Ту-148 и Е-155 (МиГ-25). Однако дальнейшего развития эти работы не получили.

Несмотря на то, что созданные МКБ "Факел" авиационные управляемые ракеты были приняты на вооружение в конце 1950-х годов, продолжительность их эксплуатации в ряде стран превысила 40 лет. В начале 1960-х годов их производство по лицензии было освоено в Китае под обозначением PL-1, а в конце 1990-х годов в Польше на основе РС-2У была создана ракета-мишень, предназначавшаяся для тренировки расчетов ЗРК.

Among the first tasks assigned to the Fakel Engineering Design Bureau was testing of the RS-1U air-to-air missile. The development of the missile began at the Design Bureau #1 (KB-1) in 1951. A number of leading research and design bureaus of our country were involved in this project. The RS-1U project handover to Fakel entailed practically no changes in the work schedule.

To accomplish the task, the Fakel Engineering Design Bureau used its own test production and testing facilities and services. The Design Bureau's specialists were also in charge of conducting the first in our country launches of airborne guided missiles at target aircraft. The first launch was carried out on March 8, 1955, with a Tupolev Tu-4 bomber being the target.

In 1956, the RS-1U missile was adopted for service with Mikoyan MiG-17PFU and Yakovlev Yak-25K fighter-interceptor aircraft.

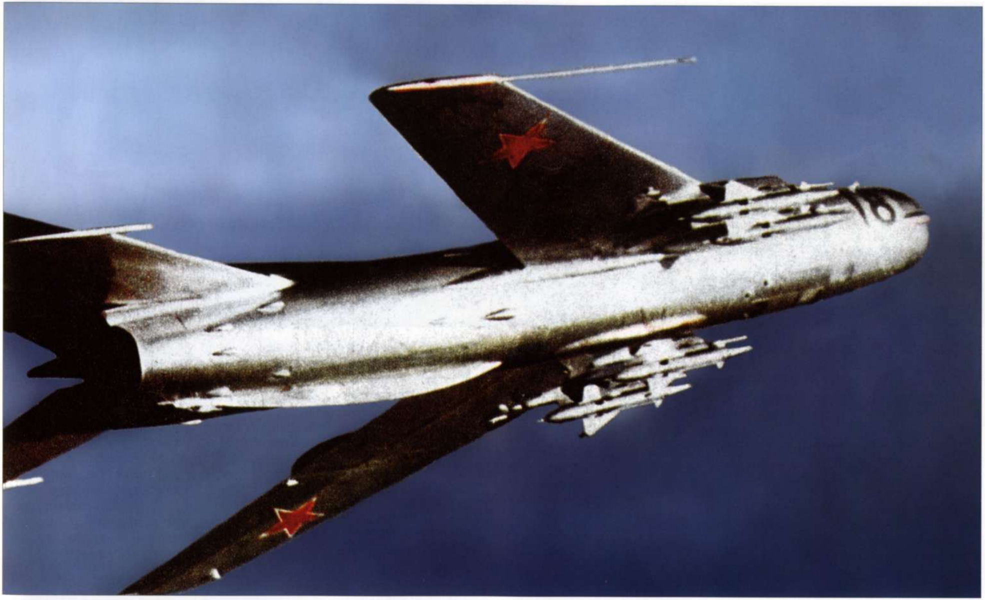
The development of the follow-on version, the RS-2U, started in late 1954. The missile differed from the RS-1U by a greater firing range, wider flight speed and altitude range. This made it possible to use the RS-2U with weapon systems mounted on higher-speed and higher-altitude fighter-interceptor aircraft. The RS-2U was adopted for service in November 1957 and was subsequently used as the main weapon of MiG-19PM and Sukhoi Su-9 fighter-interceptor aircraft.

The first successful steps towards developing guided weapons allowed Fakel to start a new project – designing the K-6 air-launched missile. The development of this missile that was intended for advanced interceptor aircraft (the I-3, E-150 and a number of others) began in December 1954.

In the course of work, the Bureau specialists demonstrated their high engineering potential. They offered a number of engineering solutions the implementation of which was to considerably improve the missile's performance characteristics, as well as to streamline its production and operation. However, since Fakel had considerable amounts of work to do on the AD missiles, all work on the K-6 and its upgraded version, the K-6V, was discontinued in April 1958.

In the mid-1960s – the time when aircraft and missile production industries were being restructured – two more projects of the air-launched missiles were developed at Fakel. Both were long-range missiles intended for Tu-148 and E-155 (MiG-25) fighter-interceptor aircraft. However, these projects had no further development.

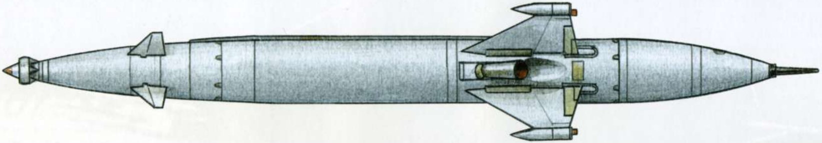
Regardless of the fact that the air-launched missiles designed by Fakel were adopted for service in the late 1950s, in some countries they remained in operation for more than 40 years. In the early 1960s, their license production was mastered in China, with the missiles designated PL-1. And in the late 1990s, a target-missile intended for training crews of the AD missile systems was developed in Poland on the basis of the RS-2U.



Истребитель-перехватчик МиГ-19ПМ с ракетами РС-2У
MiG-19PM fighter-interceptor equipped with RS-2U missiles

Авиационная управляемая ракета РС-1У

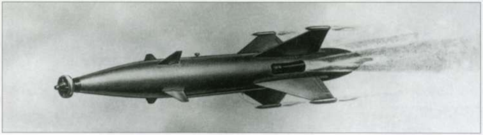
RS-1U air-to-air guided missile



Авиационная управляемая ракета РС-1У предназначена для поражения различных средств воздушного нападения, которые включают в себя самолеты стратегической и тактической авиации.

Ракета РС-1У – одноступенчатая, выполнена по аэродинамической схеме "утка", с крестообразно расположенными крыльями и рулями. Старт ракеты – с направляющей балки самолетной пусковой установки. Управление ее полетом и наведение на цель осуществляется по радиокомандам самолетной станции наведения. Подрыв боевой части происходит при подлете к цели по команде радиовзрывателя.

Ракета РС-1У состоит из пяти отсеков: боевой части с радиолокационным взрывателем, отсека с рулями и рулевыми машинками, твердотопливного двигателя с двумя боковыми соплами, отсека с воздушным аккумулятором давления и элементами аппаратуры и отсека с блоком радиоуправления.

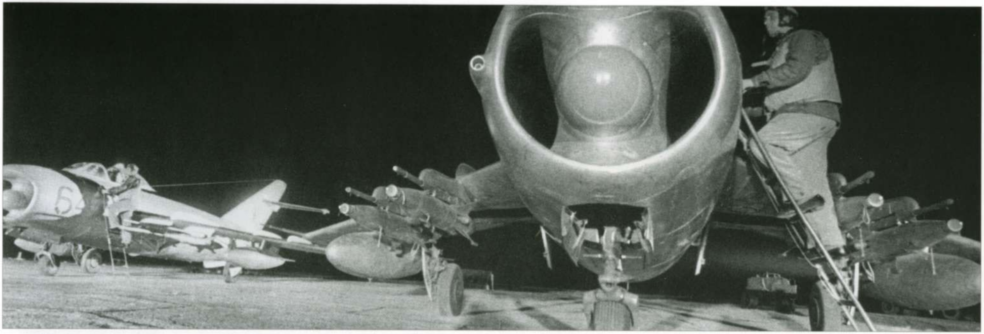


Ракета РС-1У в полете (рисунок из технического описания 1955 г.)
RS-1U missile in flight (a picture from technical description, 1955)

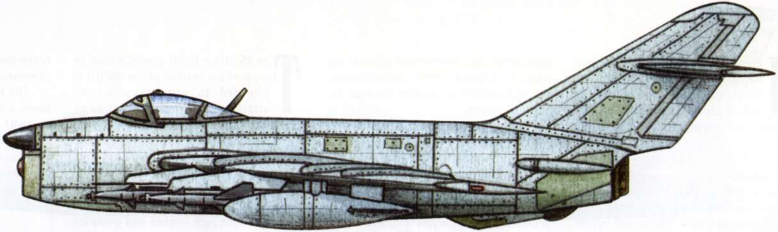
The RS-1U air-to-air guided missile is intended to engage various air attack means, including strategic and tactical aircraft.

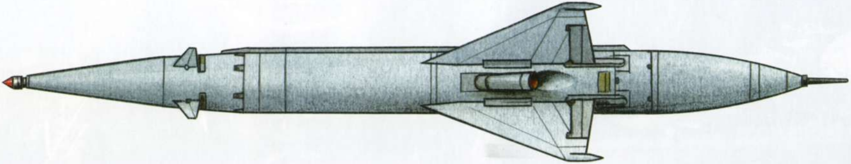
The RS-1U is a single-stage missile employing a canard aerodynamic configuration with cruciform arrangement of wings and fins. The missile is fired from an aircraft's missile launcher guide. The missile's flight path control and guidance are accomplished via commands from an aircraft guidance radar. The warhead is detonated in proximity to the target by a command from a radio fuze.

The RS-1U comprises five sections: a warhead with a radar fuze, a section with fins and wing actuator assembly, a solid-propellant engine with two side nozzles, a section with an air-propellant gas generator and equipment components, and a section with a radio control unit.



Ракеты РС-1У на истребителях-перехватчиках МиГ-17ПФУ
RS-1U missiles on MiG-17PFU fighter-interceptors





Модернизация ракеты РС-1У. Предназначена для поражения различных средств воздушного нападения, которые включают в себя самолеты стратегической и тактической авиации.

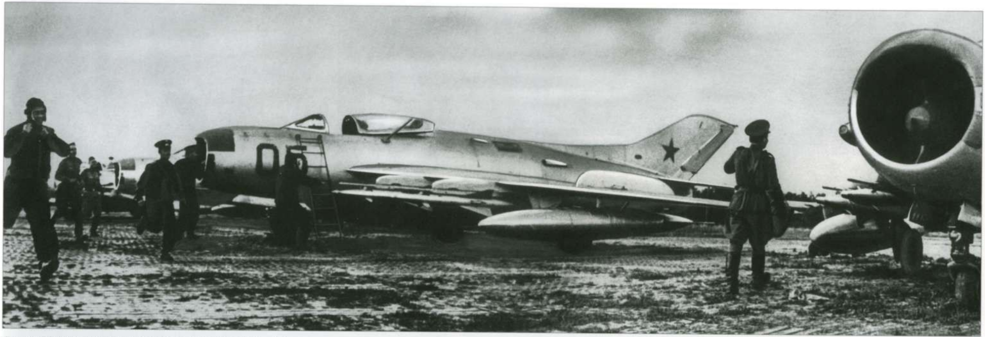
Ракета РС-2У – одноступенчатая, выполнена по аэродинамической схеме "утка", с крестообразно расположенными крыльями и рулями. Старт ракеты – с направляющей балки самолетной пусковой установки. Управление ее полетом и наведение на цель осуществляется по радиокомандам самолетной станции наведения. Подрыв боевой части происходит при подлете к цели по команде радиовзрывателя.

Ракета РС-2У состоит из пяти отсеков: боевой части с радиолокационным взрывателем, отсека с рулями и рулевыми машинками, твердотопливного двигателя с двумя боковыми соплами, отсека с воздушным аккумулятором давления и элементами аппаратуры и отсека с блоком радиоуправления.

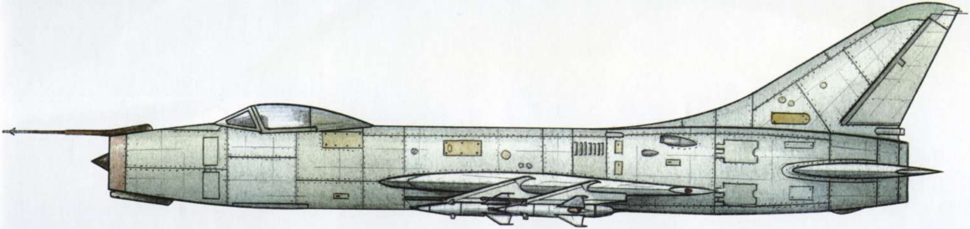
The RS-2U air-to-air guided missile (a modernized version of the RS-1U) is intended to engage various air attack means, including strategic and tactical aircraft.

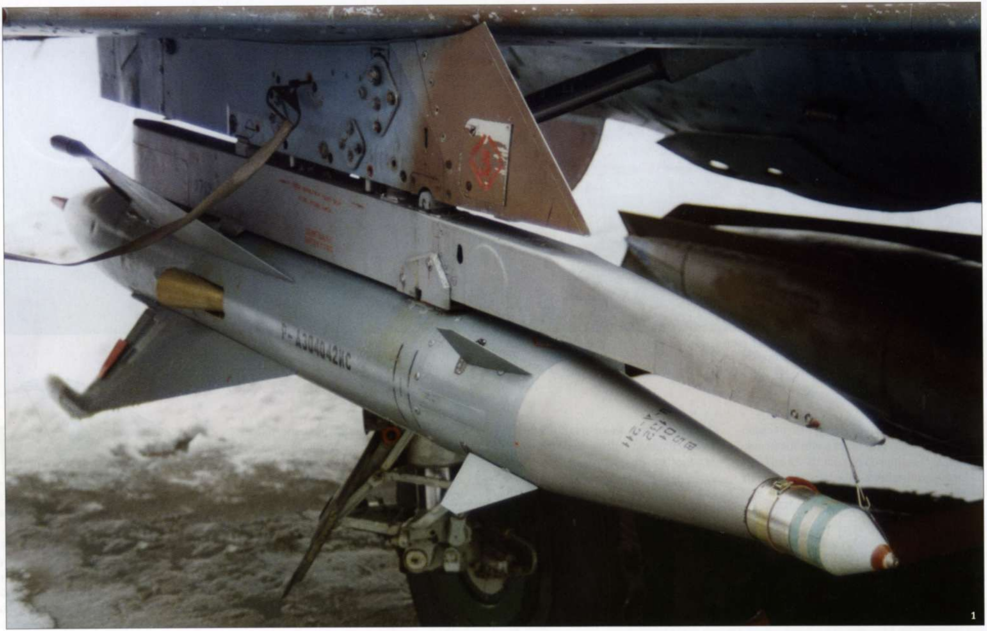
The RS-2U is a single-stage missile employing a canard aerodynamic configuration with cruciform arrangement of wings and fins. The missile is fired from the aircraft's missile launcher guide. The missile's flight path control and guidance are accomplished via commands from an aircraft guidance radar. The warhead is detonated in proximity to the target by a command from a radio fuze.

The RS-2U missile comprises five sections: a warhead with a radar fuze, a section with fins and wing actuator assembly, a solid-propellant engine with two side nozzles, a section with an air-propellant gas generator and equipment components, and a section with a radio control unit.

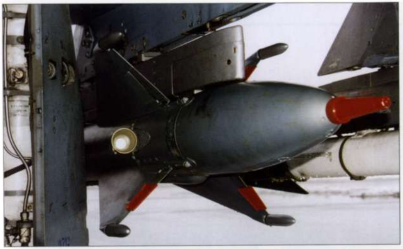


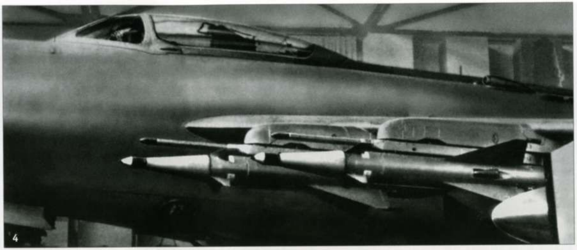
Ракеты РС-2У на истребителях-перехватчиках МиГ-19ПМ и Су-9
RS-2U missiles on MiG-19PM and Su-9 fighter-interceptors



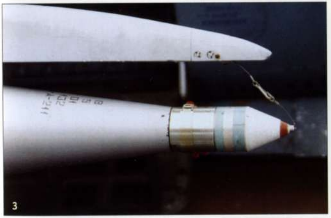


1





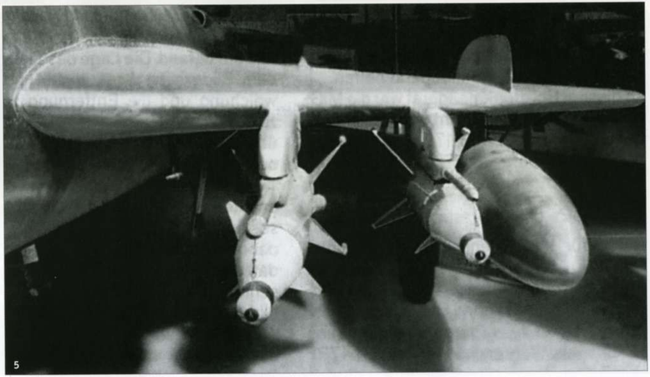
4



3

1. *Ракета РС-2У под крылом истребителя МиГ-21П*
   RS-2U missile under wing of MiG-21P fighter
2. *Хвостовой отсек ракеты РС-2У*
   Tail section of RS-2U missile
3. *Радиовзрыватель ракеты РС-2У*
   Radio fuze of RS-2U missile

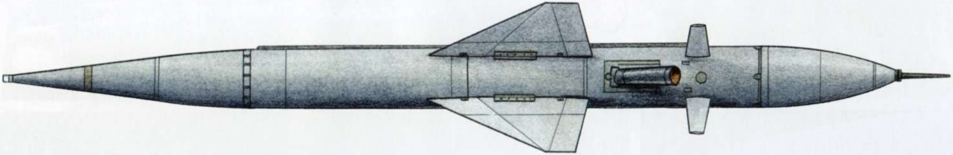
4,5. *Ракеты РС-2У, которыми вооружались истребители-перехватчики МиГ-19ПМ*
RS-2U missiles for MiG-19PM fighter-interceptors



5

Авиационная управляемая ракета К-6

K-6 air-to-air guided missile



Авиационная управляемая ракета К-6 предназначена для поражения различных средств воздушного нападения, прежде всего самолетов стратегической и тактической авиации.

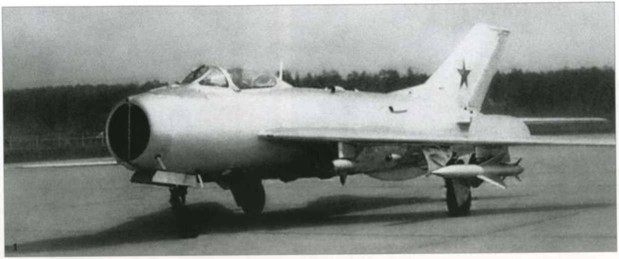
Ракета К-6 – одноступенчатая, выполнена по нормальной аэродинамической схеме, с крестообразно расположенными крыльями и рулями. Старт ракеты – с направляющей балки самолетной пусковой установки. Управление ее полетом и наведение на цель осуществляется по радиокомандам самолетной станции наведения. Подрыв боевой части происходит при подлете к цели по команде радиовзрывателя.

Ракета К-6 состоит из ряда отсеков, в которых расположены: боевая часть с радиолокационным взрывателем, твердотопливный двигатель с двумя боковыми соплами, рули, рулевые машинки, воздушный аккумулятор давления и аппаратура управления.

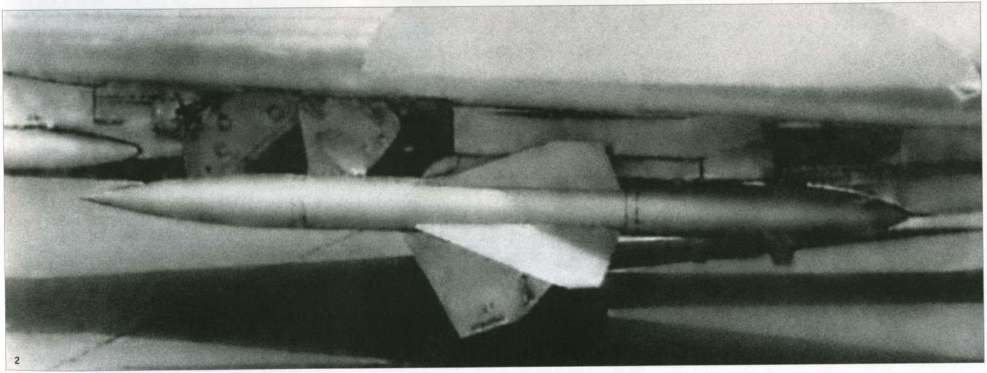
The K-6 air-to-air guided missile is intended to engage various air attack means, primarily strategic and tactical aircraft.

The K-6 is a single-stage missile employing a normal aerodynamic configuration with cruciform arrangement of wings and fins. The missile is fired from an aircraft's missile launcher guide. The missile's flight path control and guidance are accomplished via commands from an aircraft guidance radar. The warhead is detonated in proximity to the target by a command from a radio fuze.

The K-6 consists of a number of sections housing a warhead with a radar fuze, a solid-propellant engine with two side nozzles, fins, a wing actuator assembly, an air-propellant gas generator and control equipment.

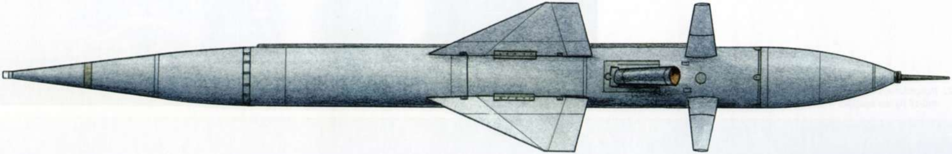


1,2. *Истребитель МиГ-19 с ракетами К-6*
MiG-19 fighter equipped with K-6 missiles



Авиационная управляемая ракета К-6В

K-6V air-to-air guided missile



Модернизация ракеты К-6. Основное направление модернизации – расширение диапазона высот применения.

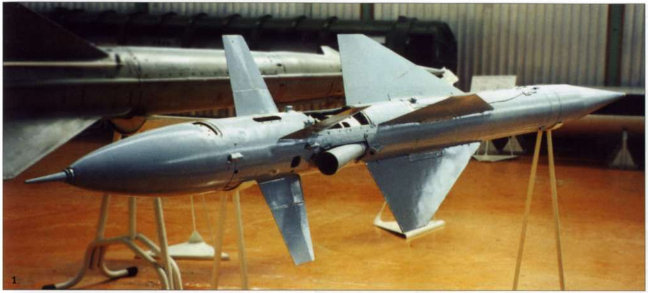
Ракета К-6В – одноступенчатая, выполнена по нормальной аэродинамической схеме, с крестообразно расположенными крыльями и рулями. Старт ракеты – с направляющей балки самолетной пусковой установки. Управление ее полетом и наведение на цель осуществляются по радиокомандам самолетной станции наведения. Подрыв боевой части происходит при подлете к цели по команде радиовзрывателя.

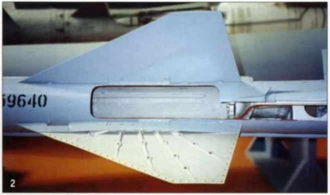
Ракета К-6В состоит из ряда отсеков, в которых расположены: боевая часть с радиолокационным взрывателем, твердотопливный двигатель с двумя боковыми соплами, рули, рулевые машинки, воздушный аккумулятор давления и аппаратура управления.

The K-6V is a modernized version of the K-6 missile. The modernization was aimed at widening the altitude range.

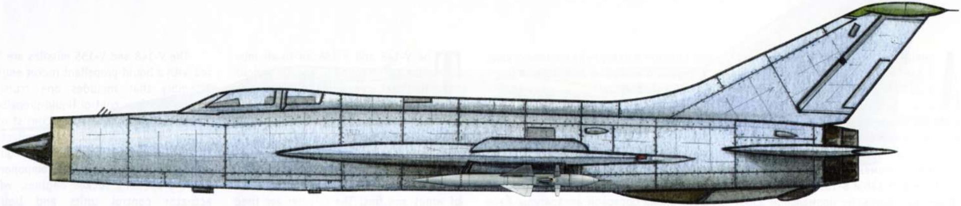
The K-6V is a single-stage missile employing a normal aerodynamic configuration with cruciform arrangement of wings and fins. The missile is fired from an aircraft's missile launcher guide. The missile's flight path control and guidance are accomplished via commands from an aircraft guidance radar. The warhead is detonated in proximity to the target by a command from a radio fuze.

The K-6V consists of a number of sections housing a warhead with a radar fuze, a solid-propellant engine with two side nozzles, fins, a wing actuator assembly, an air-propellant gas generator and control equipment.



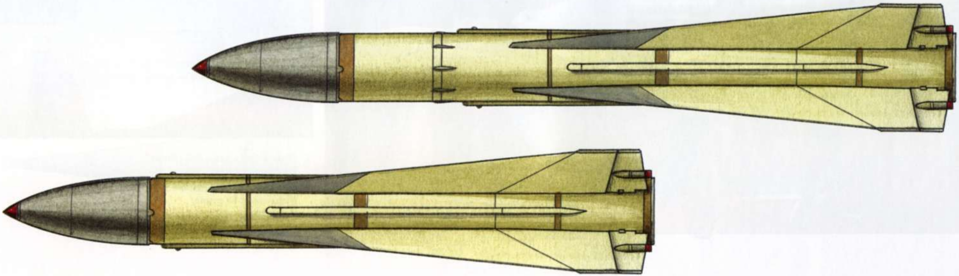


1. *Ракета К-6В в музее МКБ "Факел"*
   K-6V missile in Fakel's Museum
2. *Крыльевой блок ракеты К-6В*
   Wings unit (K-6V missile)
3. *Истребитель-перехватчик И-75 с ракетами К-6В*
   I-75 fighter-interceptor equipped with K-6V missiles



Авиационные управляемые ракеты В-148 и В-155 (проект)

V-148 and V-155 air-to-air guided missiles (project)



Авиационные управляемые ракеты В-148 и В-155 предназначены для поражения различных средств воздушного нападения, в том числе самолетов стратегической и тактической авиации, а также ракет воздушного базирования – в широком диапазоне условий их боевого применения.

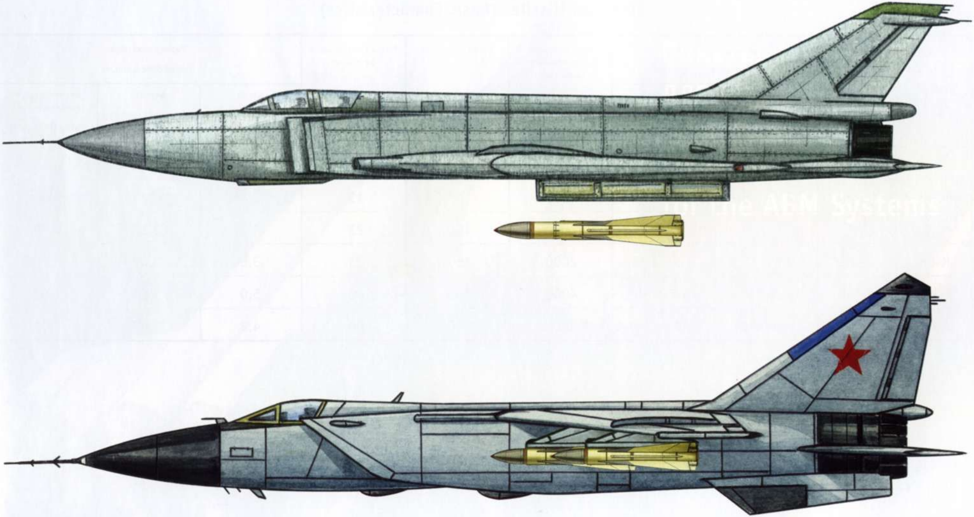
Ракеты В-148 и В-155 – одноступенчатые, выполнены по нормальной аэродинамической схеме, с крестообразно расположенными крыльями и рулями. Старт ракет – с направляющей балки самолетной пусковой установки. Управление полетом и наведение на цель осуществляется с помощью полуактивной головки самонаведения.

Ракеты В-148, В-155 оснащены жидкостной двигательной установкой, включающей в себя один маршевый и четыре рулевых ЖРД. Конструктивно каждая ракета состоит из ряда отсеков, в которых расположены: полуактивная ГСН, боевая часть, блоки бортовой аппаратуры, баки с компонентами топлива, жидкостные ракетные двигатели, агрегаты управления рулями ракеты и рулевыми ЖРД.

The V-148 and V-155 air-to-air missiles are intended to engage various air attack means, including strategic and tactical aircraft, as well as air-based missiles in a wide range of their combat use.

The V-148 and V-155 are single-stage missiles employing a normal aerodynamic configuration with cruciform arrangement of wings and fins. The missiles are fired from the aircraft's missile launcher guide. The missiles' flight path control and guidance are accomplished by a semiactive homing head.

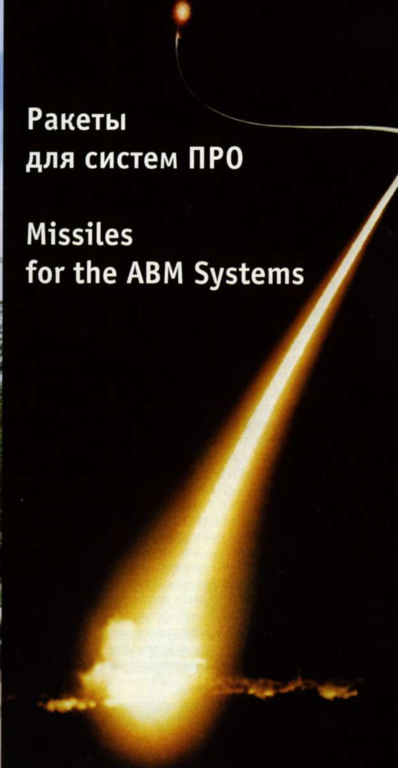
The V-148 and V-155 missiles are fitted with a liquid-propellant rocket engine assembly that includes one cruising engine and four control liquid-propellant rocket engines. The missiles consist of a number of sections housing a semiactive homing head, a warhead, onboard equipment units, tanks with fuel components, liquid-propellant rocket engines, wing actuator control units and liquid-propellant rocket engine control units.



Ракеты В-148 и В-155 на истребителях-перехватчиках Ту-148 (вверху) и МиГ-25
V-148 and V-155 missiles on Tu-148 (top) and MiG-25 fighter-interceptors

Характеристики авиационных ракет класса “воздух-воздух”
Air-to-Air Missiles (Basic Characteristics)

Название	Designation	Зона поражения, км Target engagement zone, km		Максимальная скорость поражаемой цели, км/ч Max target speed, km/h	Масса ракеты, кг Missile weight, kg	Масса боевой части ракеты, кг Warhead weight, kg	Размер ракеты, м Overall dimensions, m		
		по дальности range	по высоте altitude				длина length	диаметр diameter	размах крыльев (стабилизаторов) wing (fins) span
РС-1У	RS-1U	2 - 3	5 - 10	1600	74.3	9.25	2.35	0.2	0.55
РС-2У	RS-2U	2 - 5.2	0.7 - 16	1600	82.6	13	2.45	0.2	0.65
К-6	K-6	2 - 6	до/up to 16	2000	150	23	3.5	0.22	0.786
К-6В	K-6V	2 - 6	до/up to 22	2000	150	23	3.5	0.22	0.786
В-148	V-148	до/up to 250	0.05 - 45	4000	650	60	5.0	0.42	1.02
В-155	V-155	до/up to 120	0.05 - 45	4000	480	60	4.3	0.42	1.02



Ракеты для систем ПРО

Missiles for the ABM Systems

Эра использования баллистических ракет дальнего действия в военных целях, начавшаяся с первых запусков немецких ФАУ-2, направленных на Лондон, одновременно вывела в разряд актуальных и задачу борьбы с этим новым видом оружия. Для СССР отправной точкой в этой работе стало появление первых зенитных ракет и соответствующих научных и конструкторских организаций, которым могло быть поручено решение такой задачи. Стимулом для начала работ послужило направленное руководству страны в августе 1953 года письмо семи маршалов Советского Союза, в котором была изложена просьба рассмотреть возможность создания в стране средств противоракетной обороны.

Несмотря на всю новизну и сложность задачи, скептическое отношение к ней многих видных ученых ("стрелять ракетой по ракете – это такая же глупость, как стрелять снарядом по снаряду"), за ее решение взялась в 1953 году группа молодых ученых-разработчиков КБ-1 во главе с доктором технических наук Г.В. Кисунько. Они провели ряд основополагающих теоретических исследований, связанных с формированием необходимого объема средств и облика экспериментальной полигонной системы ПРО, предназначенной для проведения натурной отработки поражения входящих в атмосферу одиночных головных частей баллистических ракет противоракетами с осколочной боевой частью.

17 августа 1956 года было выпущено развернутое Постановление Совета Министров СССР, которое санкционировало начало полномасштабных работ по тематике противоракетной обороны и определяло исполнителей, а также сроки создания экспериментального комплекса ПРО – системы "А" и противоракетного полигона. К этому моменту специалисты уже провели поиск места возможного расположения полигона, началось проектирование его объектов. Местом для отработки средств противоракетной обороны стала пустыня Бетпак-Дала, западнее озера Балхаш.

В состав системы "А" вошли следующие основные средства: радиолокатор дальнего обнаружения баллистических целей ("Дунай-2"); три радиолокатора точного наведения, каждый из которых состоял из радиолокационных каналов измерения координат цели и координат противоракеты; радиолокационная станция вывода противоракеты; станция передачи команд управления на борт противоракеты; главный командно-вычислительный пункт, состоящий из командного пункта и электронной цифровой вычислительной машины управления. Все эти средства, расположенные на значительных расстояниях друг от друга в различных точках пустыни Бетпак-Дала, были связаны между собой радиорелейной системой связи и передачи данных, что обеспечивало возможность управления всеми средствами экспериментального комплекса с помощью ЭВМ с командно-вычислительного пункта в едином боевом цикле.

Противоракета В-1000, созданная в МКБ "Факел" для использования в составе системы "А", отличалась особой техни-

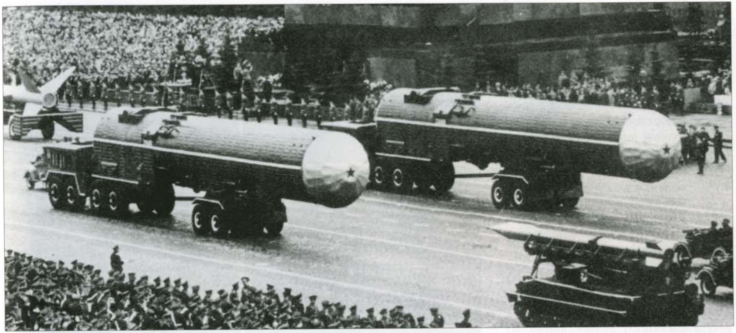
The era of employment of the long-range ballistic missiles for military purposes, which began with the first launches of the German V-2 targeted at London, simultaneously put forward the important task to engage such types of weapons. As for the USSR, the elaboration of the first AD missiles and the setting up of related research and design institutions capable of solving this problem became a starting point in this field. In August 1953, seven Marshals of the Soviet Union sent a letter to the Soviet Government requesting to consider the perspectives for the development of ABM systems in the USSR. It gave an impetus to the activities in this field.

Despite the novelty and complexity of the task as well as the skeptical attitude of many outstanding scientists towards it ("launching a missile at a missile is the same nonsense as firing a shell at a shell"), a group of young scientists-designers of the Design Bureau #1 (KB-1) headed by G. Kissunko, Doctor of Sciences (Technology), took up the solution of the problem in 1953. They carried out several fundamental analytical investigations to estimate the necessary volume of equipment and the layout of an experimental ABM range system intended for field tests on the engagement of single warheads of ballistic missiles entering the atmosphere by anti-missiles equipped with a fragmentation warhead.

On August 17, 1956, the USSR Council of Ministers issued a detailed resolution authorizing the beginning of full-scale activities in the field of the ABM defense and appointing the executors. The resolution also set the terms for the development of the experimental "A" ABM system and antimissile testing ground. By that time, the experts had already found a place for the proposed testing ground, and began designing its installations. The Betpak-Dala desert to the west of the Balkhash lake became the place for testing the ABM means.

The "A" system comprised the following main components: an ABM long-range acquisition radar (Dunai-2); three precision guidance radars, each comprising radar channels for measuring the coordinates of the target and antimissile; an antimissile guidance radar; an antimissile control radar station; main command and computation center consisting of a command post and a digital control computer. All these assets located at significant distances from each other in different parts of the Betpak-Dala desert were interconnected by a radio-relay communication and data transmission system that ensured computerized control of the entire experimental system from the command and computation center in a unified combat cycle.

The Fakel-developed V-1000 ABM missile intended for employment with the "A" system was exceptionally sophisticated from the point of view of technology. It was a two-stage missile with a solid-propellant engine and a guided second stage with a liquid-propellant engine. The anti-missile had an average flight speed of 1000 m/s, and its control system allowed intercepting targets at an altitude of up to



Ракеты 5В61 на параде 7 ноября 1974 г.
5V61 missiles at the parade on November 7, 1974

ческой новизной. В-1000 представляла собой двухступенчатую ракету с твердотопливным ускорителем и управляемой второй ступенью с ЖРД. Средняя скорость полета противоракеты составляла 1000 м/сек, а ее система управления позволяла осуществлять перехват цели на высотах до 25 км. Ввиду скоротечности процесса перехвата боевых головок баллистических ракет, невозможности вмешательства в этот процесс человека, а также из-за высоких требований к точности наведения весь процесс перехвата был полностью автоматизирован и базировался на использовании цифровой электронно-вычислительной техники.

Для проведения натурных испытаний системы наведения противоракеты В-1000 в составе средств системы "А" была разработана новая технология, отвечающая большой сложности этого комплекса. Так, помимо традиционных для зенитных ракет автономных пусков с исполнением команд, поступающих от бортового программного устройства, и пусков в замкнутом контуре управления по условной и реальным целям, были предусмотрены и пуски В-1000:

– в разомкнутом контуре управления по ступенчатым командам, передаваемым на борт ракеты по радиолинии от ЭВМ;

– в замкнутом контуре управления по

25 km. Due to the highest speed of interception of ballistic missiles' warheads, impossibility of human interference in this process, as well as to high requirements set for the guidance accuracy, the whole interception process was entirely automated and employed digital computer facilities.

To execute field tests of the V-1000 antimissile's guidance system incorporated with the "A" system, a new technology matching the complexity of the entire "A" ABM system was developed. Thus, along with the standard autonomous launches of the AD missiles via commands from the onboard program device and the closed-circuit launches against hypothetical and real targets, the following provisions were made for the V-1000 launches:

– open-circuit control via radio step commands transmitted by the computer to the missile;

– closed-circuit control via the preset aiming and guidance paths, simulated launches of a computer-imitated ABM missile against a real target in the system's combat cycle.

Inclusion of the additional intermediate phases in the field tests allowed the specialists to fully implement the principle "from simple to complex", which is a characteristic feature of the most effective methods aimed at the improvement of sophisticated engineering systems.

Experiments on engaging the ballistic missiles' warheads began in November 1960. An outstanding result was achieved on March 4, 1961, when for the first time in the world a V-1000 missile's fragmentation warhead destroyed a R-12 long-range ballistic missile's warhead. This is the message sent by the test experts to the head of the Communist Party and the government:

CIPHERED TELEGRAM. TOP SECRET. COSMIC. Moscow, Presidium of the Central Committee of the CPSU, to comrade Khrushchev N.S.

We are reporting that on March 4, 1961, the R-12 ballistic missile fitted with a test mockup (a steel plate weighing 500 kg) instead of its organic warhead was launched from the State central testing range of the Ministry of Defense to the "A" testing range фиксированным траекториям вывода и наведения, модельные пуски программно реализованного на ЭВМ имитатора противоракеты по реальной цели в боевом цикле комплекса.

Ввод дополнительных промежуточных этапов натурных испытаний позволил в полной мере реализовать принцип "от простого к сложному", присущий наиболее эффективной методологии отработки сложных технических систем.

Эксперименты по поражению боеголовок баллистических ракет начались в ноябре 1960 года. А уже 4 марта 1961 года впервые в мире осколочной боевой частью ракеты В-1000 был уничтожен боевой блок баллистической ракеты дальнего действия Р-12. Вот какое послание направили главе партии и правительства испытатели:

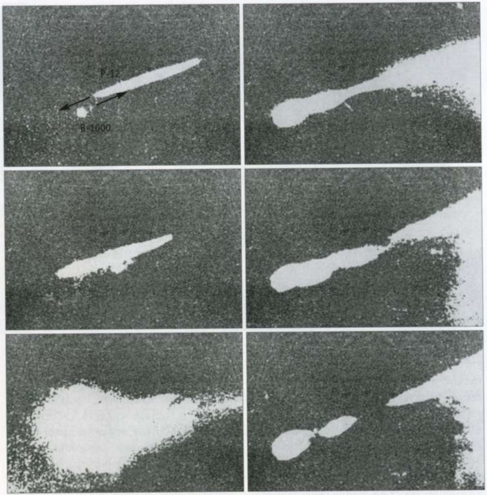
ШИФРОТЕЛЕГРАММА. СОВ. СЕКРЕТНО ОСОБОЙ ВАЖНОСТИ. Москва, Президиум ЦК КПСС, тов. Хрущеву Н.С.

Докладываем, что 4 марта 1961 года в район полигона "А" с Государственного центрального полигона Минобороны была запущена баллистическая ракета Р-12, оснащенная вместо штатной боевой части ее весовым макетом в виде стальной плиты весом 500 кг. Средствами системы "А" цель была обнаружена на дальности 1500 км после выхода ее над радиогоризонтом. По данным радиолокатора "Дунай-2" центральная вычислительная машина построила и непрерывно уточняла траекторию цели, выдавала целеуказания радиолокаторам точного наведения, рассчитала и выдала на пусковые установки углы предстартовых разворотов, рассчитала момент пуска. По команде ЭВМ был произведен пуск противоракеты В-1000 с пусковой установки №1. На высоте 25 км по команде с Земли от ЭВМ был произведен подрыв осколочно-фугасной боевой части противоракеты, после чего, по данным кинофоторегистрации, головная часть баллистической ракеты начала разваливаться на куски. Таким образом, впервые в отечественной и мировой практике продемонстрировано поражение средствами ПРО головной части баллистической ракеты на траектории ее полета.

В дальнейшем еще в десяти пусках было осуществлено аналогичное поражение боевых блоков баллистических ракет Р-5 и Р-12.

Успешные результаты испытаний системы "А" позволили уже в июне 1961 года завершить разработку и выпустить эскизный проект боевой одноэшелонной системы ПРО А-35. Ее разработка велась выделившимся из КБ-1 коллективом ОКБ "Вымпел" (в дальнейшем НИИ радиопромышленности) под руководством генерального конструктора Г.В. Кисунько, а на этапе ее модернизации – под руководством главного конструктора И.Д. Омельченко. А-35 предназначалась для защиты Москвы от одной-двух моноблочных межконтинентальных баллистических ракет типа "Титан-2" и "Минитмен-2" – в верхних слоях атмосферы и вне ее.

Работы по проектированию средств системы А-35 были начаты в апреле



Перехват боеголовки ракеты Р-12 противоракетой В-1000. Интервал между кадрами 5 мсек.
Interception of R-12 ballistic missile's warhead by V-1000 ABM missile. Time lag between shots is 5 msec

area. The target was detected by the "A" system means at a distance of 1500 km after emerging above the radio horizon. Basing on the Dunai-2 *radar data, the central computer detected and continuously tracked the target's path, transmitted target designation data to precision guidance radars, calculated and laid pre-launch angles of the launchers, and computed the launching moment. Upon the computer command, the V-1000 ABM missile was fired from the launcher #1. Upon the ground*

1958 года и на каждом из этапов выполнения отражали быстро менявшиеся в процессе экспериментов с системой "А" взгляды специалистов на ее требуемый состав и характеристики. Одним из таких этапов стала защита эскизного проекта на систему А-35 осенью 1962 года. В соответствии с ним в состав системы должны были войти командный пункт, восемь радиолокационных станций, образующих круговое поле обнаружения, и 32 стрельбовых комплекса с противоракетами 5В61.

Эти противоракеты, создававшиеся, как и В-1000, в МКБ "Факел", значительно отличались и по внешнему виду, и по своим боевым возможностям от В-1000. Одним из основных отличий 5В61 стало использование в их составе ядерной боевой части.

27 октября 1961 года, 22, 28 октября и 1 ноября 1962 года с целью изучения возможности использования подобных боевых зарядов в составе противоракеты было проведено пять экспериментов под обозначением "К", в процессе которых на высотах от 80 до 300 километров над полигоном осуществлялся подрыв ядерных зарядов. В этих экспериментах выяснилось, что высотные ядерные взрывы не вызвали каких-либо нарушений в работе средств системы "А".

В МКБ "Факел", приступив к проектированию ракеты 5В61, быстро пришли к выводу о том, что новую ракету невозможно создать, используя те же технические предпосылки, что и при создании В-1000. Для новой противоракеты требовались новые двигатели – с меньшей массой и лучшей энергетикой, новые принципы построения траектории полета, при которых значительно снижалось аэродинамическое сопротивление. Применение в системе А-35 ядерного снаряжения позволило осуществлять перехват целей противоракетами не только на встречных курсах (как в системе "А"), но и на встречно-пересекающихся. В результате 5В61 получилась абсолютно непохожей на свою предшественницу.

Наведение на цель противоракеты 5В61 осуществлялось командным методом. Команда на подрыв боевой части вырабатывалась на земле и передавалась на борт ракеты. Впервые для решения задачи перехвата столь сложных целей была создана и реализована система управления продольным движением ракеты, что обеспечило ее прилет в точку перехвата с минимальными разбросами относительно заданного времени встречи. Для этого был создан специальный контур регулирования тяги двигателя противоракеты, разработаны соответствующие алгоритмы управления.

В рамках создания системы А-35 был проведен ряд работ по синтезу оптимальных систем теленаведения противоракеты, по алгоритмам фильтрации и методам наведения. Усилиями нескольких институтов была создана сложная математическая модель стрельбового канала системы А-35 ("электронный выстрел") для исследования характеристик отдельных подсистем и оценки эффективности стрельбы в целом.

К 1967 году на полигоне был развернут экспериментальный образец системы А-35 – "Алдан", испытания которого

computer command, the HE fragmentation warhead of the antimissile was initiated at an altitude of 25 km, and after that, according to the film recording data, the ballistic missile's warhead began to disintegrate. Thus, for the first time in our country's and world practice, an ABM missile destroyed a warhead of a ballistic missile within its flight path.

During the subsequent ten launches, the warheads of the R-5 and R-12 ballistic missiles were similarly destroyed.

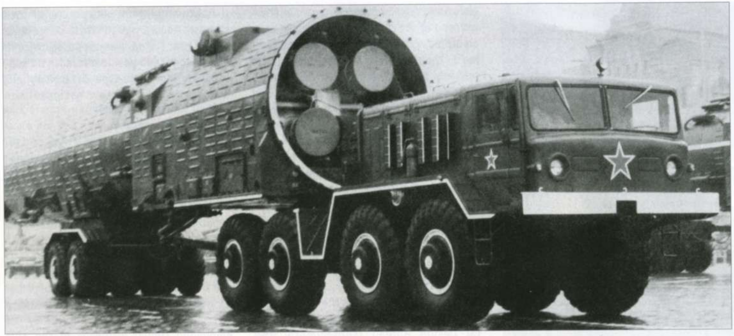
Successful results of the "A" system tests allowed the experts to complete the development phase and to elaborate the conceptual design of the A-35 ABM monoechelon combat system by June 1961. The development of the A-35 system was carried out by the Vympel Experimental Design Bureau (subsequently, the Radio Industry Research Institute) that had separated from the Design Bureau #1. It was supervised by chief designer G. Kissunko, and later, during the modernization period, by chief designer I. Omelchenko. The A-35 system was intended for protecting Moscow from one or two single-block intercontinental ballistic missiles, such as the Titan-2 and Minuteman-2, in the upper atmosphere and outside of it.

Project works on the A-35 system facilities began in April 1958, and every stage of the system's development and testing brought about quick changes of views of the experts concerning the optimal composition and characteristics of the "A" system. The competition for a conceptual design of the A-35 system in the autumn of 1962 became one of such stages. According to this conceptual design, the system was supposed to comprise a command post, eight radar stations generating circle-type detection field, and 32 system launchers equipped with the 5V61 ABM missiles.

Like the V-1000, the 5V61 ABM missiles had been developed by the Fakel Engineering Design Bureau. They considerably differed from the V-1000 both in exterior and in combat capabilities. One of the main differences was the possibility to fit the 5V61 with nuclear warheads.

In 1961 (on October 27) and in 1962 (on October 22, October 28 and November 1), five code-named "K" tests were carried out to estimate the possibility of employing similar warheads in the ABM missile. During the tests, the nuclear charges were initiated at the altitudes of 80 to 300 km over the testing ground. The tests showed that high-altitude nuclear explosions did not adversely effect the "A" system facilities operation.

Shortly after the works on the 5V61 missile had begun, the Fakel experts came to a conclusion that it was impossible to create a new missile using the engineering solutions that had been employed for the development of the V-1000. The new ABM missile required new engines (featuring smaller weight and increased power) and new principles of flight path design to considerably reduce the aerodynamic drag. The use of nuclear components in the A-35 system allowed intercepting



Ракета 5В61 на параде 7 ноября 1974 г.
5V61 missile at the parade on November 7, 1974

завершились “условными” перехватами головных частей ракет Р-12 и других, более совершенных баллистических ракет.

Испытания полигонного комплекса системы А-35 подтвердили правильность принятых научно-технических решений, которые обеспечили боевое функционирование этой полностью автоматизированной системы при поражении моноблочной баллистической ракеты. Впервые боевая задача с реальными пусками противоракет штатным боевым расчетом была выполнена 9 июня 1970 года, а в 1971 году головной комплекс системы А-35 был принят в опытную эксплуатацию.

Однако к началу 70-х годов опережающие темпы создания баллистических ракет наземного и морского базирования “Минитмен-3”, “Поларис-А-3Т”, “Посейдон С-3”, оснащавшихся многозарядными головными частями, потребовали проведения специального анализа возможностей системы А-35. Как показали его результаты, поражение подобных целей в условиях помех и применения комплекса средств преодоления ПРО (большое количество ложных легких и тяжелых целей, станций активных помех, маскирующих боевые блоки на траектории их полета) средствами системы А-35 было невозможно. Ввиду этого в 1977 году на вооружение был принят только мо-

targets by ABM missiles not only on the meeting course (as in the “A” system), but on the collision course as well. As a result, the 5V61 ABM missile was absolutely different in comparison to its predecessor.

The 5V61 was guided by commands. The warhead initiation command was generated on the ground and transmitted to the missile. For the first time in the world practice, for intercepting such complicated targets the missile longitudinal flight control system was developed and put into practice, ensuring the missile's arrival to the interception point with minimum delay with regard to the preset time. To achieve such efficiency the specialists developed a special circuit of the ABM missile's engine thrust control and the corresponding control algorithms.

Within the framework of the A-35 system development, works were carried out on the synthesis of optimal systems for the ABM missile TV guidance, on filtering algorithms, and guidance methods. Efforts of several research institutes resulted in a complex mathematic model of the A-35 system's firing channel (“an electronic shot”) applied for the performance analysis of some subsystems and general estimation of the shooting efficiency.

By 1967, the Aldan experimental prototype of the A-35 system was deployed at the testing ground, and the tests resulted in successful simulated interceptions of warheads of the R-12 missiles and other advanced ballistic missiles.

The tests of the A-35 system prototype confirmed the accuracy of applied scientific and technological solutions that ensured combat efficiency of the entirely automated system in a monoblock ballistic missile engagement. The first operational launch of the ABM missiles was executed by the organic crew on June 9, 1970, and in 1971 the first complex of the A-35 system was commissioned for operation testing.

However, by the early 1970s, a high development rate of shipborne and ground-based ballistic missiles such as Minuteman-3, Polaris-A-3T, Poseidon S-3 equipped with multiple warheads necessitated the special analysis of the A-35 system capabilities. The results showed that the A-35 system assets were incapable of engaging such targets in condiдернизированный вариант системы – А-35М, которая получила способность поражать – с определенными ограничениями – подобные сложные баллистические цели. С 1978 года она поставлена на боевое дежурство.

В 1962 году руководство страны инициировало работы по созданию системы С-225, разработка которой велась коллективом КБ-1 под руководством генерального конструктора А.А. Расплетина (а после его смерти в 1967 году – под руководством Б.В. Бункина). Она предназначалась для защиты малоразмерных объектов от налета одной-двух баллистических целей и включала в свой состав радиолокационную станцию с фазированной антенной решеткой для слежения за целью и для наведения противоракет, а также станцию передачи команд. В МКБ "Факел" создавалась противоракета 5Я27 для использования в составе системы С-225.

В ракетах системы С-225 было применено немало технических новшеств. Для них провели ряд исследований алгоритмов атмосферной селекции целей, алгоритмов вывода и управления, алгоритмов оптимальной фильтрации. Одновременно с этим проводилась напряженная работа и на полигоне по созданию комплекса математических моделей, предназначенных для предпускового и послепускового моделирования, оценки точности наведения, обеспечения безопасности проведения летных испытаний. Однако по ряду причин в середине 70-х годов разработка системы С-225 была прекращена.

С учетом опережающего развития средств нападения и совершенствования баллистических ракет в начале 70-х годов были развернуты работы по созданию системы второго поколения ПРО Москвы (двухэшелонная система А-135). Назначением этой системы была гарантированная защита Московского промышленного района от группы баллистических ракет и их боевых блоков. Она полностью вписывалась в положения Договора по ПРО, подписанного между СССР и США в 1972 году. 17 февраля 1995 года система ПРО Московского промышленного района А-135 принята на вооружение.

В состав системы А-135 входит созданная в МКБ "Факел" противоракета заатмосферного перехвата, предназначенная для уничтожения боевых блоков межконтинентальных баллистических ракет до их входа в атмосферу.

Совершенствование ракетных средств для систем ПРО ведется в направлении создания высокоточных противоракет, использующих принципы самонаведения и безъядерного поражения. С этой целью в последние годы был проведен большой объем проектных работ по системам самонаведения перспективных противоракет, по определению требований к динамическим характеристикам их элементов и систем самонаведения, по оценке точности наведения и вероятности поражения боевых блоков баллистических ракет. Решен ряд сложных проблем и уникальных задач науки, техники и производства, не имеющих аналогов в практике боевой ракетной техники.

tions of interference and employment of various anti-ABM means (numerous light and heavy decoys, active jamming facilities that concealed the warheads on their flight paths). That is why only a modernized version, the A-35M system, was adopted for service; it was capable of destroying, with some limitations, the complex ballistic targets. Since 1978, this system has remained on combat duty.

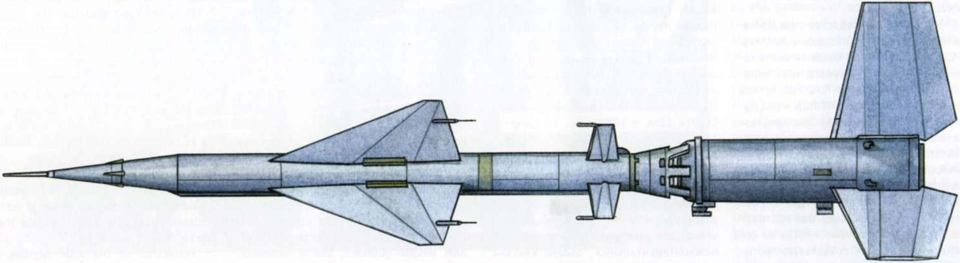
In 1962, our country's government initiated the works on the S-225 system, which was developed by the experts of the Design Bureau #1 headed by general designer A. Raspletin (after his death in 1967, headed by B. Bunkin). The system was intended for defending small-size installations against the strikes of one or two ballistic targets and comprised a phased-array radar for target tracking and ABM missile guidance, and a command transmission radar. The Fakel Engineering Design Bureau developed the 5Ya27 ABM missile for employment with the S-225 system.

Missiles of the S-225 system boasted of many technological improvements. The experts studied the algorithms of atmospheric selection of the targets, steering and control algorithms, and optimal filtering algorithms. Simultaneously, the intensive work was carried out at the testing range to develop mathematical patterns for pre-launch and post-launch simulation, estimation of guidance accuracy, as well as for providing the flight tests safety. However, in the mid-1970s, the development of the S-225 system was stopped due to some reasons.

Taking into consideration the quick development of attack means and the modernization of ballistic missiles, in the early 1970s, the work on the Moscow ABM second-generation system (two-echelon A-135 system) was initiated. This system was intended for ensuring the defense of the Moscow industrial region against a group of ballistic missiles and their payload units. The system fully complied with the ABM Treaty signed by the USSR and the USA in 1972. On February 17, 1995, the A-135 ABM system of the Moscow industrial region was adopted for service.

The A-135 system comprises a Fakel-developed exoatmospheric ABM missile intended for engaging warheads of intercontinental ballistic missiles before they reenter the atmosphere.

Perfection of the ABM missiles is aimed at the development of the high-precision antimissiles employing the homing and conventional destruction principles. For this, several projects have recently been carried out dealing with homing systems for the ABM missiles; estimation of the necessary dynamic parameters for the missile components and homing systems; estimation of guidance precision and probability of engaging the ballistic missiles' warheads. The experts have managed to solve a number of complex problems and unique scientific, technological and production tasks that have no analogs in combat missilery.



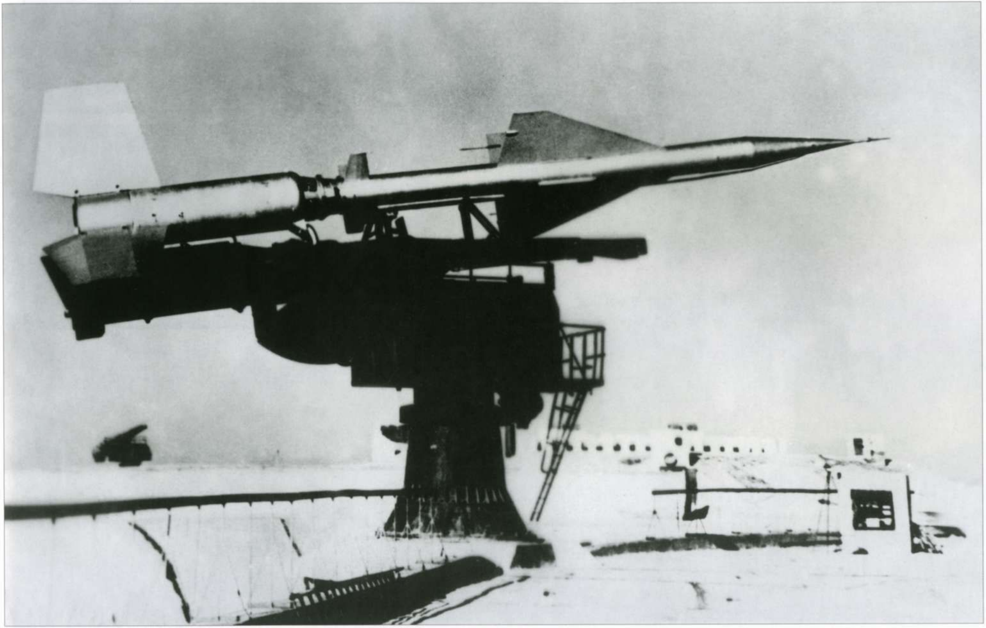
Противоракета В-1000 предназначена для поражения боеголовок баллистических ракет дальнего действия. В-1000 представляет собой двухступенчатую ракету, выполненную по нормальной аэродинамической схеме. Старт ракеты – наклонный, с пусковой установки, наводимой по углу и азимуту места. Управление полетом и наведение на цель осуществляются по радиокомандам, которые поступают от наземной станции наведения. Подрыв боевой части производится при подлете к цели по команде, поступающей от наземной станции наведения. Первая ступень В-1000 – твердотопливный ракетный двигатель с установленными на нем стабилизаторами, вторая ступень оснащена жидкостной двигательной установкой с насосной системой подачи компонентов топлива в двигатель. Конструктивно маршевая ступень В-1000 состоит из ряда отсеков, в которых расположены: боевая часть, блоки бортовой аппаратуры, баки с компонентами топлива, жидкостный ракетный двигатель, агрегаты управления рулями ракеты, приемник команд управления.

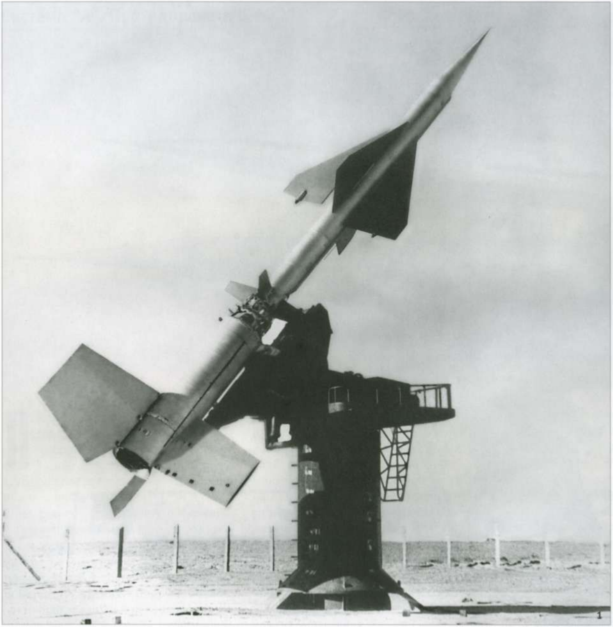
The V-1000 ABM missile is intended to engage warheads of long-range ballistic missiles. The V-1000 is a two-stage missile employing a normal aerodynamic configuration.

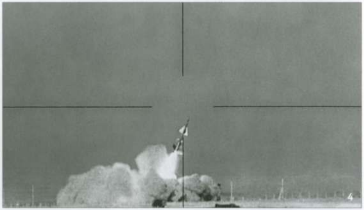
The missile is fired at an angle from a launcher laid in elevation and azimuth. Missile flight control and guidance are accomplished via radio commands from a ground guidance radar. The warhead is initiated in the proximity to the target by command from a ground guidance radar.

The first stage of the V-1000 consists of a solid-propellant rocket engine with externally mounted stabilizing fins. The second stage is fitted with a liquid-propellant pump-feed engine.

Structurally, the V-1000 sustainer stage comprises a number of sections housing a warhead, onboard equipment units, propellant tanks, a liquid-propellant engine, control surface actuators, and control command receiver.



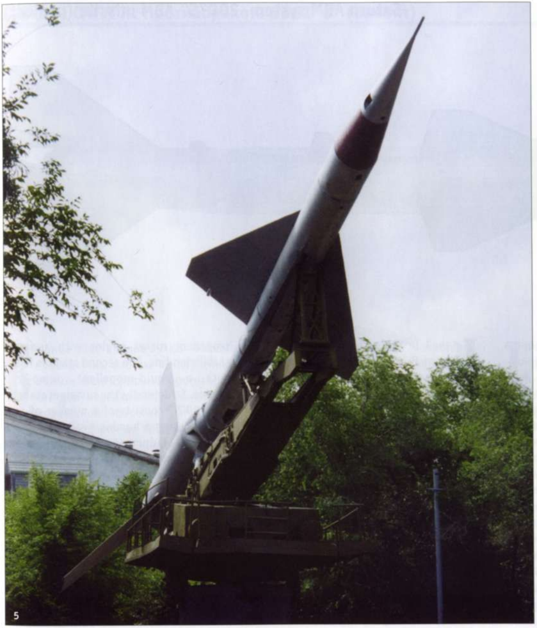




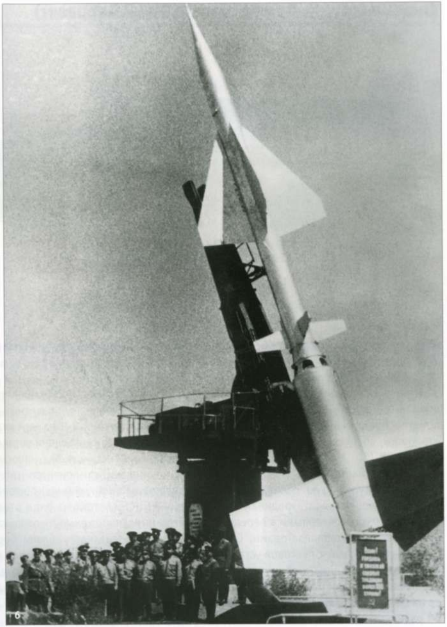
1. *Противоракета В-1000 перед пуском, октябрь 1958 г.*
V-1000 ABM missile before launch, October 1958

2,3,4. *Старт противоракеты В-1000*
Launch of V-1000 ABM missile

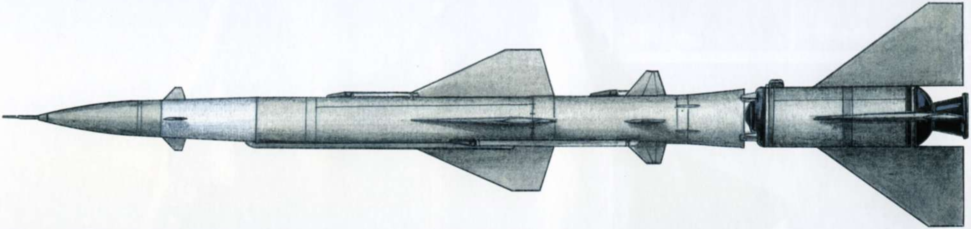
5,6. *Памятник ракете В-1000 на полигоне*
V-1000 missile memorial at a firing range



5



6



В конце 1950-х годов в МКБ "Факел" проводились работы по изучению возможности создания передвижного комплекса противоракетной обороны "Сатурн". В результате предприятие предложило использовать для отработки средств данного комплекса ракету 20Д"С".

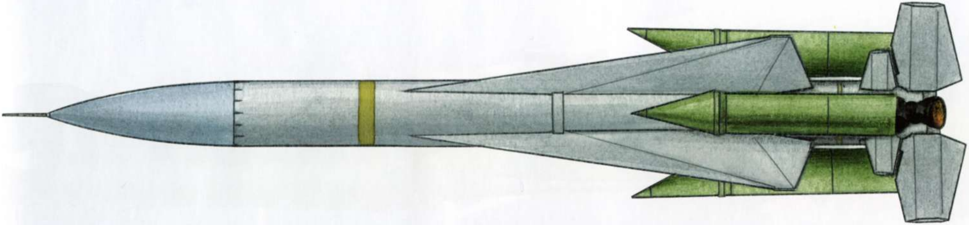
Противоракета 20Д"С" представляла собой двухступенчатую ракету, выполненную по нормальной аэродинамической схеме, с установленными в передней части ракеты дестабилизаторами. Старт ракеты – наклонный, с пусковой установки, наводимой по углу и азимуту места. Управление полетом ракеты и наведение ее на цель предполагалось осуществлять по радиокомандам от наземной станции наведения. На конечном участке полета предполагалось использовать самонаведение.

Первая ступень 20Д"С" представляет собой твердотопливный ракетный двигатель с установленными на нем стабилизаторами; вторая оснащена жидкостной двигательной установкой с насосной системой подачи компонентов топлива в двигатель. Конструктивно маршевая ступень 20Д"С" состоит из ряда отсеков, в которых расположены: головка самонаведения, боевая часть, блоки бортовой аппаратуры, баки с компонентами топлива, жидкостный ракетный двигатель, агрегаты управления рулями ракеты, приемник команд управления.

In the late 1950s, the Fakel Engineering Design Bureau studied the possibility of creating the mobile Saturn ABM system. Finally, the enterprise suggested that the 20D"S" missile be used for testing the system.

The 20D"S" is a two-stage antiballistic missile employing a normal aerodynamic configuration with destabilizers arranged in the fore part of the missile. The missile is launched at an angle from a launcher laid in elevation and azimuth. The missile's flight path control and guidance were supposed to be accomplished via radio commands from a ground guidance radar. It was planned to use homing guidance at the final leg of the trajectory.

The first stage of 20D"S" is a solid-propellant rocket engine with arranged stabilizing fins. The second stage is fitted with a liquid-propellant pump-feed engine. Structurally, the sustainer stage of the 20D"S" consists of a number of sections housing a homing head, a warhead, onboard equipment units, propellant tanks, a liquid-propellant rocket engine, missile control surface actuators and a control command receiver.



В конце 1950-х годов в МКБ "Факел" проводились работы по изучению возможности создания противоракет для передвижного комплекса противоракетной обороны "Сатурн". В результате предприятие предложило использовать в составе данного комплекса ракету 5В21"С".

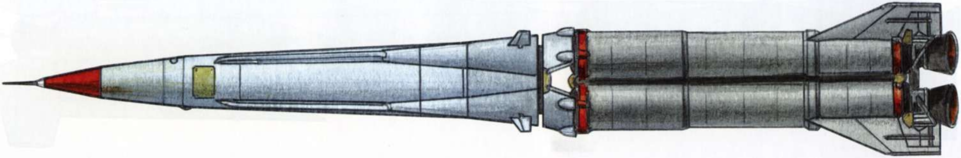
Противоракета 5В21"С" представляла собой двухступенчатую ракету, выполненную по нормальной аэродинамической схеме, с четырьмя треугольными крыльями большого удлинения. Старт ракеты – наклонный, с пусковой установки, наводимой по углу и азимуту места. Наведение ракеты на цель предполагалось осуществлять с использованием системы самонаведения.

Первая ступень 5В21"С" представляет собой четыре твердотопливных двигателя, установленных на маршевой ступени ракеты между крыльями. Вторая ступень оснащена жидкостной двигательной установкой с насосной системой подачи компонентов топлива в двигатель. Конструктивно маршевая ступень 5В21"С" состоит из ряда отсеков, в которых расположены: головка самонаведения, блоки бортовой аппаратуры управления полетом ракеты, боевая часть, баки с компонентами топлива, жидкостный ракетный двигатель, агрегаты управления рулями ракеты.

In the late 1950s, the Fakel Engineering Bureau studied the possibility of creating antiballistic missiles for the mobile Saturn ABM system. Finally, the enterprise suggested that the 5V21"S" missile be used as part of this system.

The 5V21"S" was a two-stage missile employing a normal aerodynamic configuration, with four high-aspect delta wings. The missile is launched at an angle from a launcher laid in elevation and azimuth. The missile guidance was supposed to be accomplished via homing guidance system.

The first stage of the 5V21"S" consists of four solid-propellant engines arranged in the sustainer stage of the missile, between its wings. The second stage is fitted with a liquid-propellant pump-feed engine. Structurally, the sustainer stage of the 5V21"S" consists of a number of sections housing a homing head, onboard missile flight control equipment units, a warhead, propellant tanks, a liquid-propellant engine and missile control surface actuators.



Противоракета заатмосферного перехвата 5В61 предназначена для уничтожения боевых блоков межконтинентальных баллистических ракет до их входа в атмосферу.

Противоракета выполнена по двухступенчатой схеме, с твердотопливной двигательной установкой на первой ступени и жидкостной ракетной двигательной установкой на второй ступени. Старт ракеты – наклонный, из транспортно-пускового контейнера.

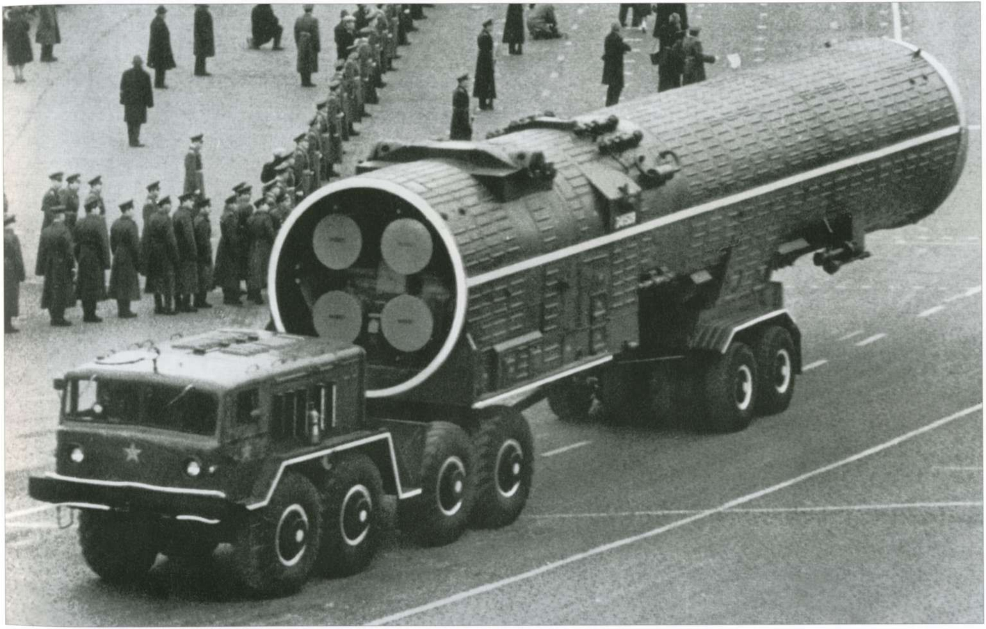
Управление полетом противоракеты на атмосферном участке траектории полета осуществляется аэродинамическими рулями, а вне атмосферы управление полетом второй ступени осуществляется жидкостной ракетной двигательной установкой.

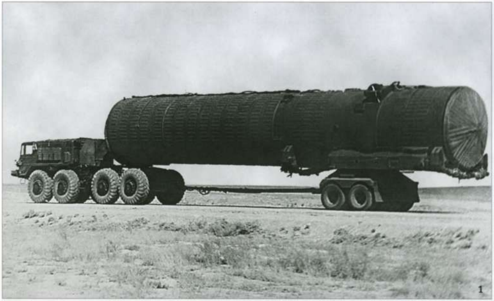
Противоракета 5В61 обеспечивает высокую вероятность уничтожения боевых блоков межконтинентальных баллистических ракет на больших дальностях и высотах.

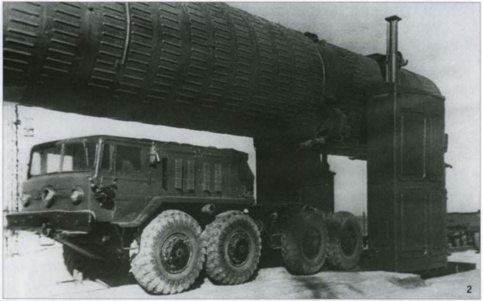
The 5V61 exoatmospheric ABM missile is intended to engage warheads of intercontinental ballistic missiles before they reenter the atmosphere. The missile employs a two-stage scheme with a solid-propellant engine for the first stage and a liquid-propellant rocket engine for the second stage. The missile is fired at an angle from a transporting-launching container.

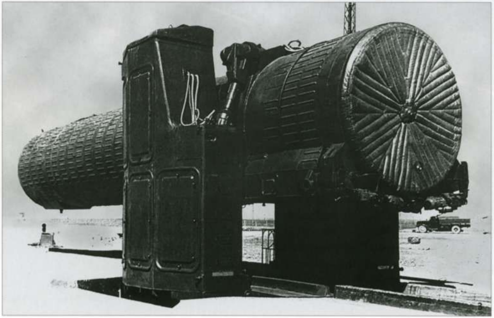
Missile flight control on the endoatmospheric leg of the flight trajectory is accomplished with an aid of aerodynamic rudders. Outside the Earth's atmosphere, flight control of the second stage is effected by the liquid-propellant rocket engine.

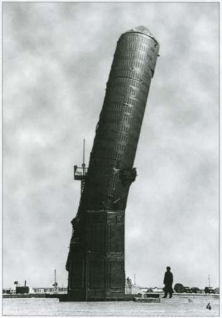
The 5V61 antiballistic missile ensures a high probability of destroying warheads of intercontinental ballistic missiles at long ranges and high altitudes.











1. *5В61 на транспортно-заряжающей машине*
   5V61 ABM missile on the transporting-loading vehicle
2. *Установка ракеты на пусковую установку*
   Loading a launcher
3. *Ракета на пусковой установке*
   5V61 ABM missile on the launcher
4. *Пусковая установка*
   5V61 ABM missile launcher
5. *Старт противоракеты 5В61*
   Launch of 5V61 ABM missile
6. *Памятник противоракете 5В61 на полигоне*
   5V61 ABM missile memorial at a firing range

5

6

Противоракета заатмосферного перехвата 5Я27 предназначена для уничтожения боевых блоков межконтинентальных баллистических ракет до их входа в атмосферу.

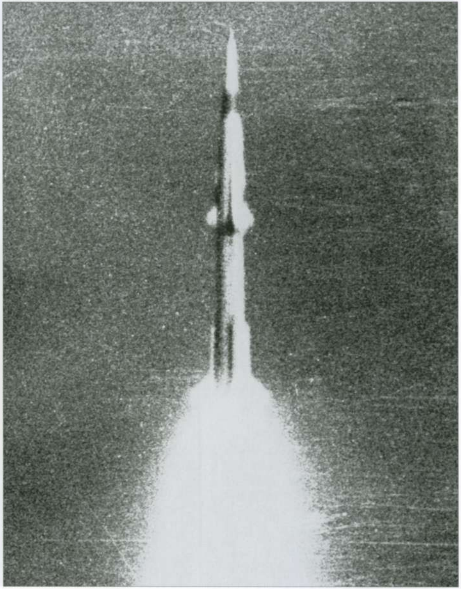
Противоракета выполнена по двухступенчатой схеме, с твердотопливной двигательной установкой на первой ступени и жидкостной ракетной двигательной установкой на второй ступени. Старт ракеты – вертикальный, из транспортно-пускового контейнера.

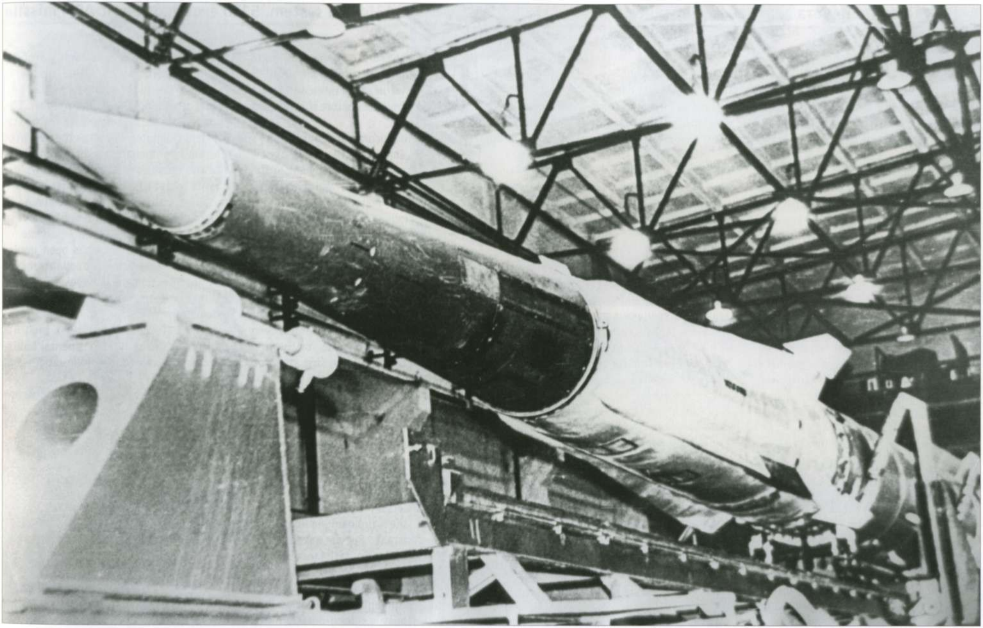
Управление полетом противоракеты на атмосферном участке траектории полета осуществляется аэродинамическими рулями, а вне атмосферы управление полетом второй ступени осуществляется жидкостной ракетной двигательной установкой.

The 5Ya27 exoatmospheric ABM missile is intended to engage warheads of intercontinental ballistic missiles before they reenter the atmosphere.

The ABM missile employs a two-stage configuration with a solid-propellant engine for the first stage and a liquid-propellant rocket engine for the second stage. The missile is fired vertically from a transporting-launching container.

Missile flight control on the endoatmospheric leg of the flight trajectory is accomplished with an aid of aerodynamic rudders. Outside the Earth's atmosphere, flight control of the second stage is effected by the liquid-propellant rocket engine.





А-135. Противоракета заатмосферного перехвата 51Т6

Противоракета заатмосферного перехвата 51Т6 предназначена для уничтожения боевых блоков межконтинентальных баллистических ракет до их входа в атмосферу.

Противоракета выполнена с применением новейших достижений отечественной науки и техники, прогрессивных технологий, новых металлических и неметаллических материалов, по двухступенчатой схеме – с твердотопливным ракетным двигателем на первой ступени и жидкостной ракетной двигательной установкой на второй. Старт ракеты – вертикальный, из шахтной пусковой установки.

Противоракета оснащена командно-инерциальной системой управления с бортовой цифровой вычислительной машиной, впервые примененной для ракет такого класса. Управление полетом первой ступени на атмосферном участке траектории полета осуществляется аэродинамическими рулями, а вне атмосферы управление полетом второй ступени осуществляется жидкостной ракетной двигательной установкой, состоящей из центрального блока тяги и четырех поворотных двигателей блока управления, которые конструктивно связаны с аэродинамическими рулями и их рулевыми приводами.

Бортовая аппаратура противоракеты выполнена в радиационностойком исполнении. Были приняты специальные меры для обеспечения радиационной стойкости бортовой вычислительной машины. Конструкция ракеты и ее бортовой аппаратуры обеспечивает, при необходимости, продолжительный автономный полет без команд от наземной системы наведения. По командам от наземной системы наведения противоракета может перенацеливаться в полете. Боевые программы бортовой цифровой вычислительной машины и конструкция жидкостной ракетной двигательной установки управляют продольным движением противоракеты, благодаря чему осуществляется прилет противоракет в заданные точки встречи с целями с минимальными разбросами относительно заданного времени встречи. Чтобы реализовать этот режим, в жидкостной ракетной двигательной установке использована оригинальная схема забора компонентов топлива из баков, обеспечивающая повторный запуск блока тяги и полную выработку компонентов.

Противоракета 51Т6 обеспечивает высокую вероятность уничтожения боевых блоков межконтинентальных баллистических ракет на больших дальностях и высотах.

Противоракета 51Т6 не имеет аналогов в мировом ракетостроении.

A-135 ABM system. 51T6 exoatmospheric ABM missile

The 51T6 exoatmospheric antiballistic missile is intended to engage warheads of intercontinental ballistic missiles before they reenter the atmosphere.

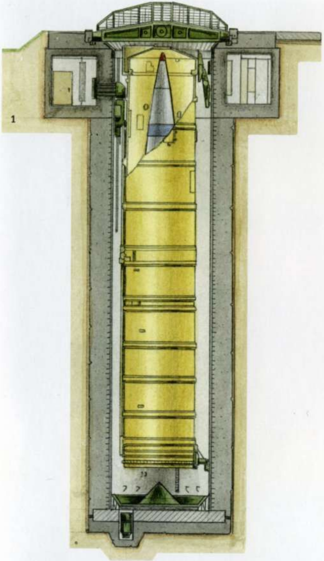
The missile incorporates our country's latest achievements in the fields of science and technology, development of the innovative know-how, as well as metallic and nonmetallic materials. It employs a two-stage scheme with a solid-propellant rocket engine for the first stage and a liquid-propellant rocket engine for the second stage. The missile is launched vertically from a silo.

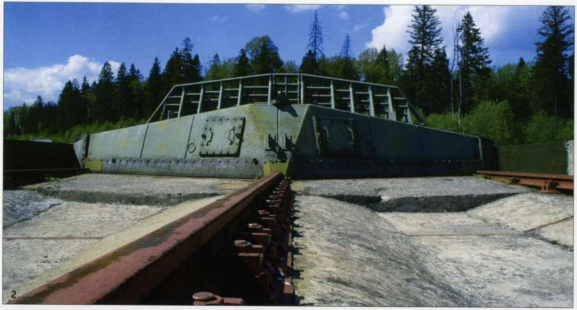
The missile is fitted with a command/inertial guidance system with a digital onboard computer; the latter has been used in this type of missiles for the first time. Flight control of the first stage on the endoatmospheric leg of the flight trajectory is accomplished by the aerodynamic rudders. Outside the Earth's atmosphere, flight control of the second stage is effected by a liquid-propellant rocket engine consisting of a main propelling unit and four control unit thrusters that are structurally linked to the aerodynamic rudders and their actuators.

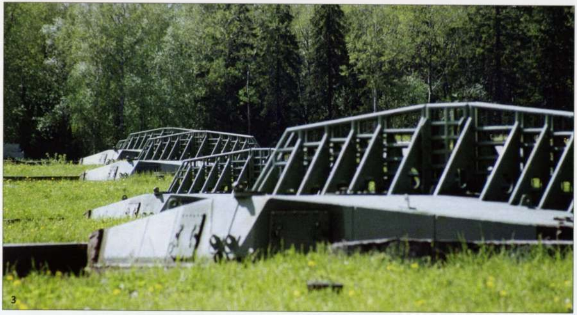
The missile's onboard equipment is radiation-resistant. Special measures to ensure the radiation resistance of the onboard computer have been taken. If necessary, the missile's design and its onboard equipment configuration can ensure the missile's long-duration free flight without any commands from a ground guidance radar. The missile is capable of in-flight retargeting via commands from a ground guidance radar. The combat operational software of the digital onboard computer, as well as the design of the liquid-propellant rocket engine control the missile's pitch, which allows the missile to get to a missile-target encounter point with a minimum time spread in relation to the estimated time. In order to ensure this mode, a unique scheme of drawing fuel from tanks has been implemented in the liquid-propellant rocket engine. The scheme provides for a propelling unit restart and complete fuel exhaustion.

The 51T6 missile ensures a high kill probability of the intercontinental ballistic missiles' warheads at long ranges and high altitudes.

The 51T6 antiballistic missile still has no analogs in the world missilery.

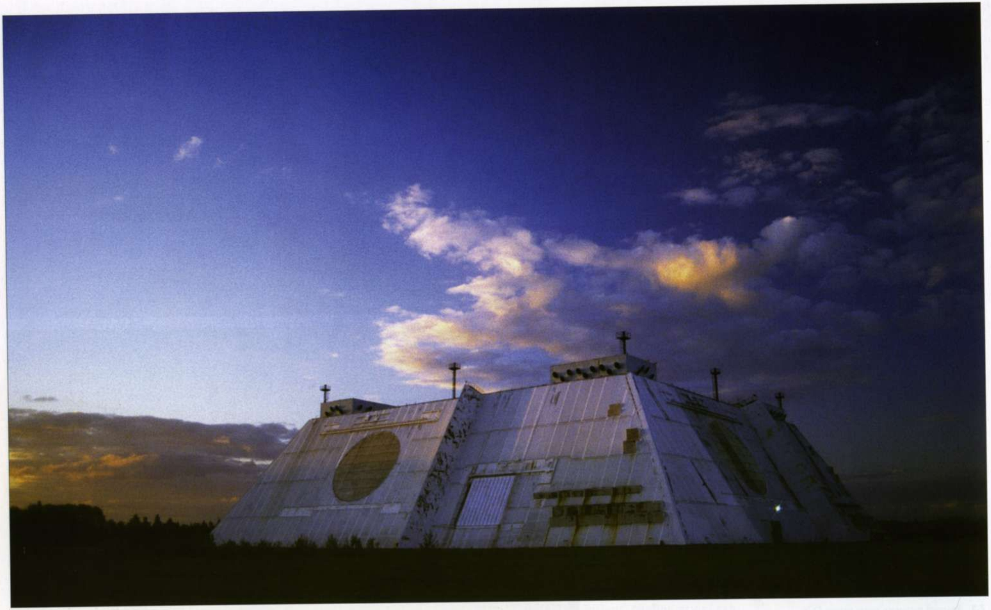






1. *Пусковая шахта с противоракетой 51Т6*
   Silo with 51T6 ABM missile inside

2,3. *Крышки пусковых шахт ракет 51Т6*
   Covers of silos for 51T6 ABM missiles



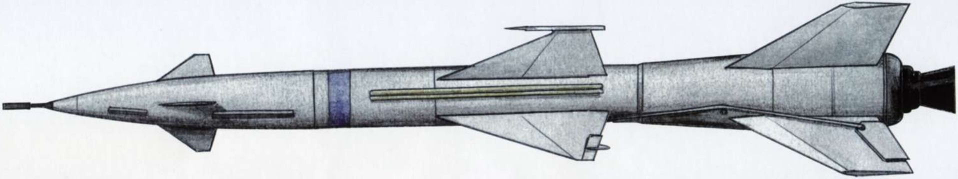
Радиолокатор "Дон-2Н" системы противоракетной обороны А-135
Don-2N radar (A-135 ABM system)

Экспериментальные ракеты и проекты

Experimental Missiles and Projects

Опытная зенитная управляемая ракета ШБ-32 (32Б)

ShB-32 (32B) experimental AD guided missile



Ракета ШБ-32 создавалась как перспективный вариант ЗУР для использования в системе ПВО С-25 Москвы. Ее разработка была начата в КБ-1 в 1951 году под руководством Д.Л. Томашевича и Н.Г. Зырина.

ШБ-32 представляла собой двухступенчатую ракету с твердотопливным ускорителем ПРД-10 и маршевой ступенью с ЖРД. Использование – впервые для отечественных ЗУР – подобной двухступенчатой схемы позволило ракете ШБ-32 стартовать с наклонной направляющей балки пусковой установки, значительно сократить время, необходимое для разгона ракеты до сверхзвуковой скорости, а также обеспечить высокую среднюю скорость полета по траектории.

ШБ-32 была выполнена по аэродинамической схеме "утка", с крестообразно расположенными крыльями и рулями. Применение подобной схемы обеспечило ракете требуемую маневренность (до 9 единиц) и аэродинамическую устойчивость при различных режимах полета. Для стабилизации ракеты по крену – после ее схода с направляющей балки и до момента начала радиоуправления – использовались элероны, установленные на двух крыльях.

Разработка ускорителя выполнялась в КБ-2 завода № 81 под руководством И.И. Картукова. ЖРД с вытеснительной системой подачи топлива, в котором использовались самовоспламеняющиеся компоненты топлива АК-20Ф и ТГ-02, был разработан в КБ-2 НИИ-88 под руководством А.М. Исаева.

Маршевая ступень включала в себя пять отсеков: с радиолокационным взрывателем с приемными антеннами; аппаратно-рулевой с кумулятивной боевой частью и передающими антеннами радиовзрывателя; баковый – для горю-

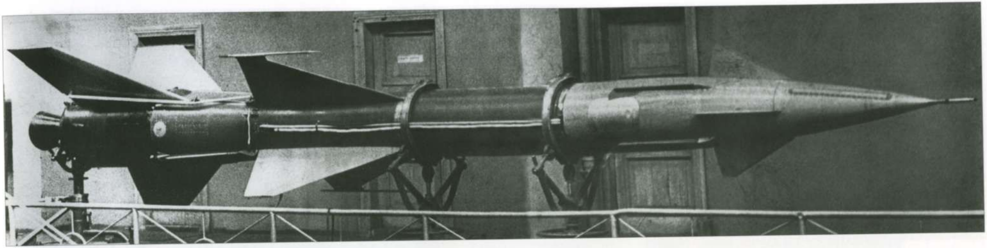
The ShB-32 missile was originally created as an advanced version of an AD missile to be used with the S-25 Moscow AD system. Its development began in 1951 at the Design Bureau #1 under the supervision of D. Tomashevich and N. Zyrin.

The ShB-32 was a two-stage missile with a PRD-10 solid-propellant booster and a sustainer stage with a liquid-propellant engine. The use of a two-stage scheme – for the first time in the Soviet-made AD missiles – made it possible to launch the ShB-32 from an inclined launching ramp, to significantly reduce the time required to accelerate the missile to the supersonic speed, and to ensure a high average line-of-flight velocity.

The ShB-32 employed a canard aerodynamic configuration with cruciform arrangement of wings and fins. The use of this scheme gave the missile the requisite maneuverability (up to 9 units) and aerodynamic stability in different flight modes. In order to stabilize the missile in roll after it leaves the ramp and before the radio control is enabled, the ailerons mounted on two wings were employed.

The booster was developed at the Design Bureau #2 of the Plant #81 under the supervision of I. Kartukov. The liquid-propellant gas-pressurized rocket engine employing the AK-20F and TG-02 hypergolic propellants was developed at the Design Bureau #2 of the Research Institute #88 under the supervision of A. Isayev.

The sustainer stage comprised five sections: a section housing a radar fuze and receiving antennas; instrument and control section with a shaped-charge warhead and radar fuze transmitting antennas; tank section for fuel and oxidizer with a high-pressure air tank; a section housing



чего и окислителя с баллоном сжатого воздуха; отсек с ЖРД и рулевыми машинами управления элеронами крыла и стабилизатора; обтекатель ЖРД с кольцевой антенной радиоуправления. Упорный конус ускорителя был связан с маршевой ступенью при помощи четырех замков. С боков этого конуса были расположены "окна" для выхода газов ЖРД.

Первые бросковые испытания ракеты ШБ-32 проводились в конце 1952 года. Затем в ходе автономных испытаний изучалось поведение ракеты во время старта и в автономном полете, исследовались процессы разделения ступеней и выполнения команд наведения.

В конце 1953 года ШБ-32 укомплектовали всей необходимой аппаратурой и подготовили к пускам в замкнутом контуре управления системы С-25. Однако ввиду изменения приоритетов в разработке систем ПВО, дальнейшего развития эта тема не получила. Разработчиков ШБ-32 из КБ-1 перевели в МКБ "Факел". Здесь под руководством П.Д. Грушина использовали ранее изготовленные ракеты ШБ для проведения ряда экспериментов. Исследовалась в полете работа механизма изменения передаточного числа (МИПЧ), согласовывавшего величины отклонения рулей с величинами скоростного напора воздуха; проводились исследования поведения ракеты с дополнительно установленными (по нормальной схеме) рулями; изучались с помощью специального устройства ("груши") возможности регулирования величины критического сечения сопла ускорителя.

За время испытаний ШБ-32, до апреля 1955 года, было осуществлено 74 пуска, приблизительно в 20-ти из них ракеты использовались в качестве "летающих лабораторий".

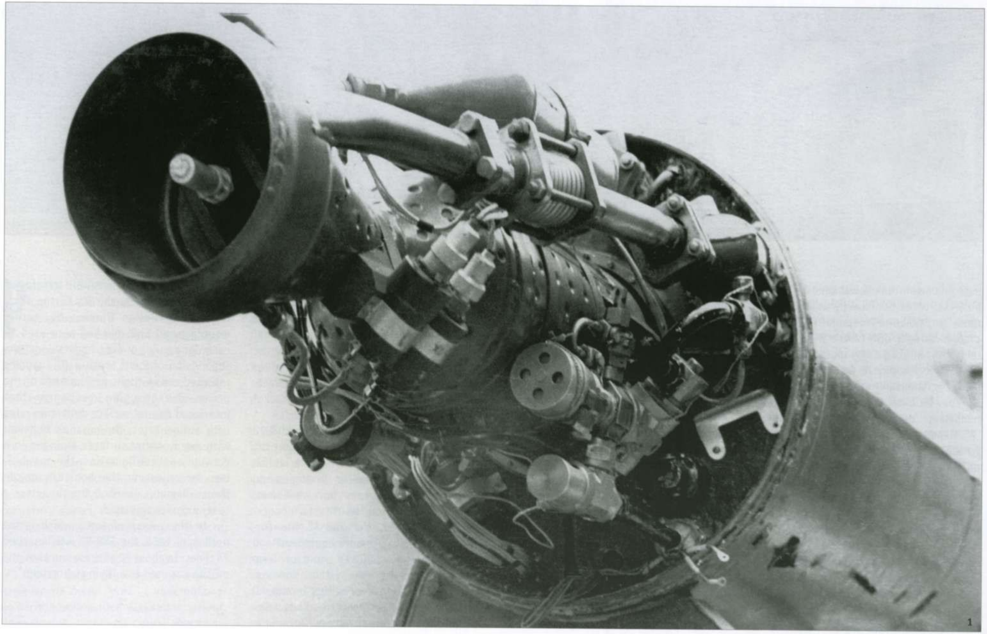
the liquid-propellant rocket engine and wing and stabilizer aileron control actuators; liquid-propellant rocket engine fairing with a circular radio control antenna. The booster thrust cone was fixed to the sustainer section by four locks. The sides of the cone had special holes for extracting gases from the liquid-propellant rocket engine.

The first drop tests of the ShB-32 missile were held in late 1952. Later on, the missile's behavior during the launch and in free flight, as well as its staging and guidance command execution were studied during the autonomous tests.

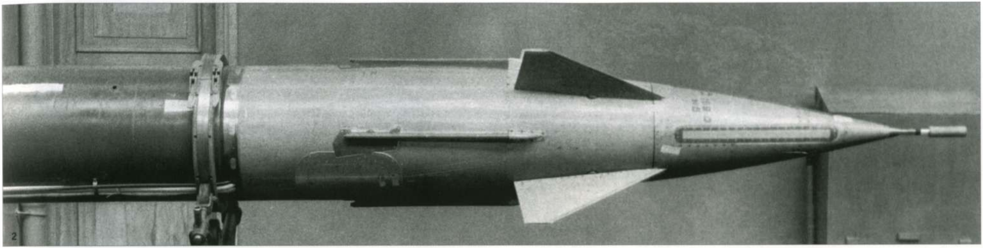
In late 1953, the ShB-32 was furnished with all necessary equipment and readied for the closed control loop launches with the S-25 system. However, due to the changed priorities in the AD systems development, this trend has never been further explored.

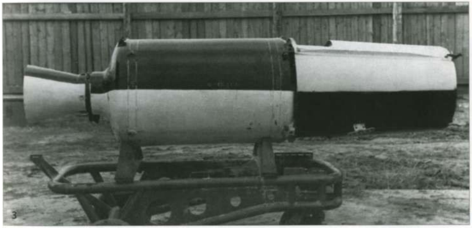
The ShB-32 designers were transferred from the Design Bureau #1 to the Fakel Engineering Design Bureau; the earlier manufactured ShB missiles were used to carry out a series of experiments under the supervision of Pyotr Grushin. The studies included the in-flight performance of the power-ratio changing mechanism that interfaced control surface deflection rates with airflow rates; the missile's behavior with extra control surfaces arranged in a conventional configuration; the possibilities for adjusting the booster's nozzle throat diameter. For studying the latter, a special device was used.

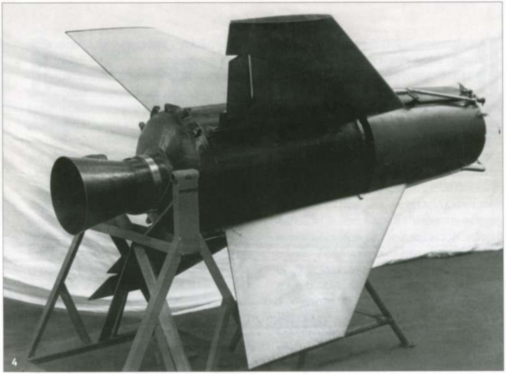
In the course of tests, which lasted until April 1955, the ShB-32 was launched 74 times. In about 20 of these launches, the missile was used as a "flying laboratory."



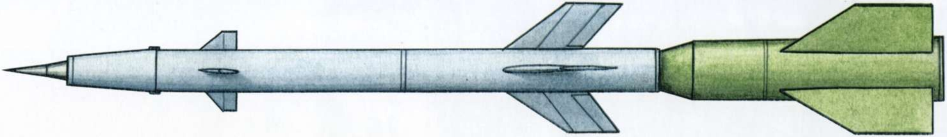
1







1. *Маршевый двигатель ракеты ШБ-32*
   Sustainer (ShB-32 missile)
2. *Носовая часть ракеты ШБ-32*
   Fore part (ShB-32 missile)
3. *Стартовый двигатель ракеты ШБ-32*
   Booster engine (ShB-32 missile)
4. *Стартовая ступень ракеты ШБ-32*
   Booster stage (ShB-32 missile)



В середине 1950-х годов все большее значение стали приобретать задачи увеличения дальности, высоты и скорости полета зенитных управляемых ракет. Среди вариантов решения этой проблемы разработчики двигательных установок предложили использовать ракетно-прямоточные или прямоточные воздушно-реактивные двигатели (ПВРД). К середине 1950-х годов в их создании были достигнуты определенные успехи и в нашей стране, и за рубежом. Исследования по использованию для ЗУР двигательных установок такого типа были начаты в МКБ "Факел" в 1955 году. Первую работу в этом направлении предприятие выполняло совместно с ОКБ-670 М.М. Бондарюка. Она была связана с созданием и испытаниями экспериментальной ракеты КМ.

КМ представляла собой двухступенчатую ракету, выполненную на основе ранее разработанной в ОКБ-670 неуправляемой ракеты "025", на которой установили переднее крестообразное оперение и органы управления. КМ оснащалась твердотопливным стартовым ускорителем и маршевым ПВРД, работавшим на бензине. В МКБ "Факел" для КМ были созданы специальные устройства программного управления полетом, служившие для обеспечения полета ракеты по траекториям, близким к тем, которые характерны для зенитных ракет. В январе 1956 года модель КМ прошла полный цикл продувок в ЦАГИ. С весны 1956 года до осени 1957 года на полигоне Капустин Яр было выполнено 10 пусков КМ, в процессе которых продолжались исследования работы прямоточного двигателя в широком диапазоне высот, скоростей и действующих перегрузок.

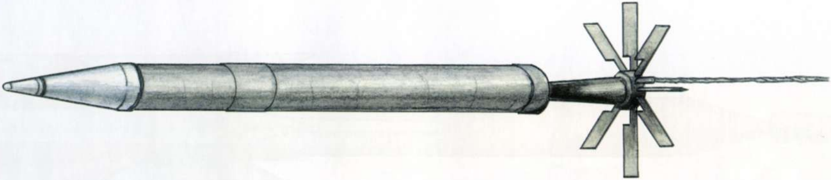
In the mid-1950s, as air attack weapons were becoming more and more advanced, the increased range, flight altitude and speed of the AD missiles began to gain an ever-growing significance. Among various options of solving this problem, the engine designers suggested using ram rocket or ramjet engines. By the mid-1950s, considerable advance had been achieved in developing this type of engines, both in our country and abroad.

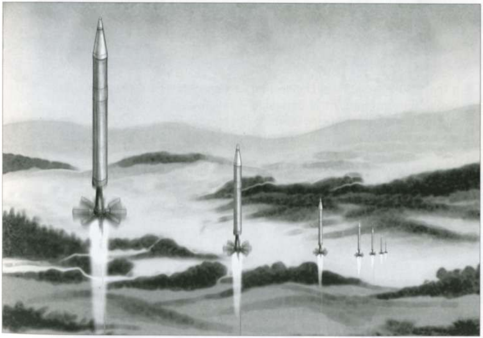
In 1955, the Fakel Engineering Design Bureau began research on the implementation of such engines in AD missiles. The first project along these lines was carried out by the Fakel Bureau in cooperation with the M. Bondaryuk's Experimental Design Bureau # 670 (OKB-670). The project involved developing and testing the KM experimental missile.

The KM was a two-stage missile based on the OKB-670-developed 025 unguided missile that was fitted with a fore cruciform fin kit and controls. The KM featured a solid-propellant launching booster and a ramjet sustainer that ran on gasoline.

Special flight preprogram control devices intended for guiding missiles along flight paths typical to those of the AD missiles were designed at the Fakel Bureau specifically for the KM missile.

In January 1956, the KM model was put through a complete set of wind-tunnel tests at the TsAGI Central Aerohydrodynamic Institute. From the spring of 1956 to the autumn of 1957, the KM was launched 10 times at the Kapustin Yar test range. The launches made it possible to study the ramjet performance in a wide range of altitudes, speeds and g-loads.





В конце 1960-х годов в МКБ "Факел" была проведена исследовательская работа по изучению возможности создания системы неуправляемого ракетного оружия для борьбы с низколетящими воздушными целями.

Конструктивно система, получившая название "Трос", должна была представлять собой наземный блок неуправляемых авиационных ракет С-5М, которые по команде вертикально выстреливались и поднимали на высоту нескольких сотен метров прикрепленный к ним трос. Предполагалось, что создаваемое подобным образом кратковременное заграждение могло оказаться достаточно эффективным в борьбе с самолетами, совершающими полет на малой высоте.

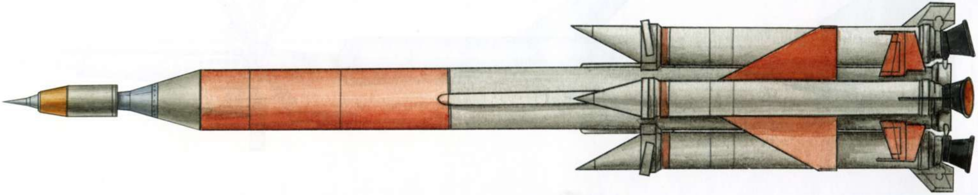
В процессе испытаний системы "Трос" было проведено несколько серий пусков ракет С-5М.

In the late 1960s, the Fakel Engineering Design Bureau studied the possibility of creating unguided missiles that could engage low-flying targets. Structurally, the Tros code-named system was supposed to be a land-based unit of S-5M unguided antiaircraft missiles that were vertically fired on command, raising cables attached to them to an altitude of several hundred meters. It was believed that this short-term obstacle would be quite efficient for fighting low-flying aircraft.

Several series of the S-5M missile launches were made within the framework of the Tros system testing.

Гиперзвуковая летающая лаборатория "Холод"

Kholod hypersonic flying laboratory



В 1980-90-х годах МКБ "Факел" приняло участие в создании и испытаниях летающей лаборатории "Холод" с экспериментальным гиперзвуковым прямоточным воздушно-реактивным двигателем (ГПВРД).

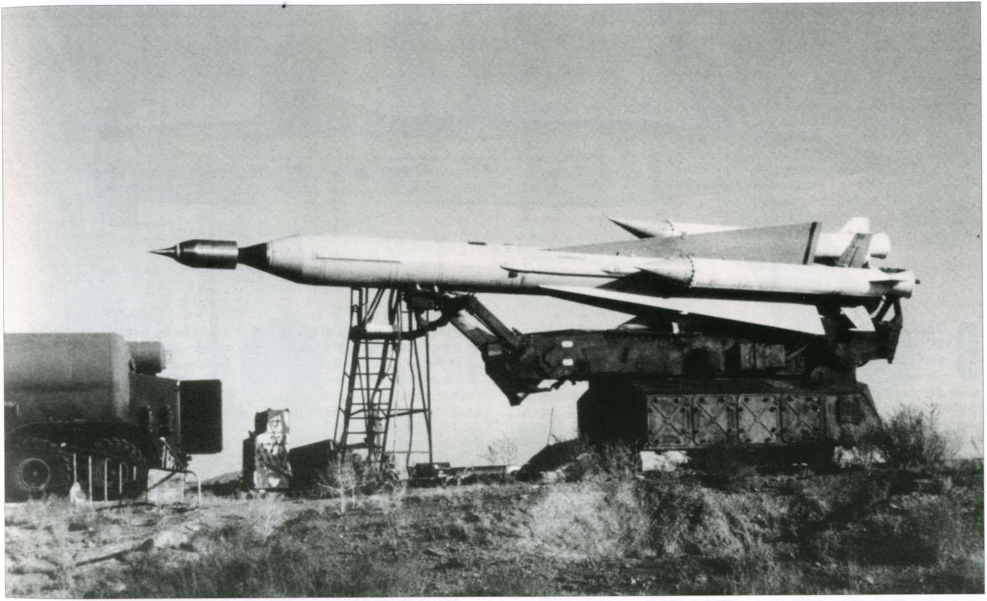
Основным элементом летающей лаборатории "Холод" являлся созданный ЦИАМ осесимметричный ГПВРД 58Л, установленный в носовой части зенитной управляемой ракеты 5В28. Для использования в качестве гиперзвуковой летающей лаборатории (ГЛЛ) ракета 5В28 была модернизирована – вместо ГСН и боевой части в ее носовой части был установлен ГПВРД, бак с жидким водородом, агрегаты системы подачи жидкого водорода к двигателю, шар-баллоны высокого давления с технологическими газами, система измерений с радиотелеметрической станцией и автопилот.

В течение 1991-1998 годов ГЛЛ "Холод" и "Холод-2" выполнили пять полетов, во время которых производилось неоднократное включение ГПВРД, что позволило получить достоверные данные по параметрам его рабочего процесса, теплового состояния конструкции, особенностей совместной работы элементов и систем.

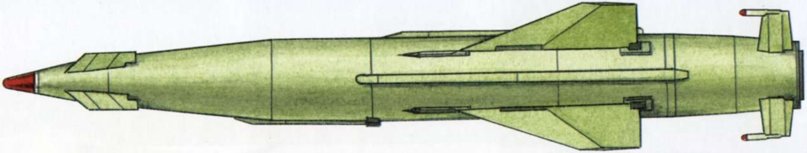
In the 1980-90s, the Fakel Engineering Design Bureau took part in designing and testing the Kholod flying laboratory with an experimental scramjet engine.

The main element of the Kholod flying lab was a 58L axisymmetric scramjet engine designed by Central Institute of Aviation Motors (TsIAM). The engine was fixed in the fore part of the 5V28 AD guided missile. The 5V28 missile was modified to be used as a hypersonic flying lab: a scramjet engine, a liquid hydrogen propellant tank, units feeding liquid hydrogen to the engine, high-pressure spherical bottles with process gases, an instrumentation system with a radio telemetry station and a gyropilot were installed in the fore part of the missile instead of a homing head and a warhead.

In 1991-1998, the Kholod and Kholod-2 hypersonic flying laboratories made five test flights during which the scramjet was activated several times. This allowed obtaining reliable data on the engine performance parameters, thermal condition of the entire experimental unit, as well as specifics of its components' and systems' joint performance.



Гиперзвуковая летающая лаборатория "Холод" (вариант 1)
Kholod hypersonic flying laboratory (Version 1)



В середине 1960-х годов в МКБ "Факел" были разработаны два проекта тактических баллистических ракет, предназначавшихся для использования в составе тактических комплексов "Ястреб" и "Точка". За основу для этих ракет была принята ракета 4К60, которая создавалась в то время для применения ее в составе универсального корабельного комплекса М-11. Это позволило предложить достаточно перспективную конструкцию одноступенчатой тактической баллистической ракеты, оснащенной твердотопливным ракетным двигателем.

Ряд технических решений, принятых в процессе работы над этими проектами, был в дальнейшем реализован при создании в нашей стране других тактических баллистических ракет.

В 1963 году в МКБ "Факел" был разработан проект тактической ракеты В-612 для войскового комплекса "Ястреб", предназначенного для поражения малоразмерных наземных целей на дальностях от 8 до 35 км.

В 1965 году в МКБ "Факел" был разработан проект тактической ракеты В-614 для войскового комплекса "Точка", предназначенного для поражения малоразмерных наземных целей на дальностях от 8 до 70 км. Ракету предполагалось оснастить инерциальной системой управления с бортовым вычислительным устройством и мощной боевой частью.

Для транспортировки ракет предполагалось использовать плавающие самоходные установки с колесными шасси высокой проходимости.

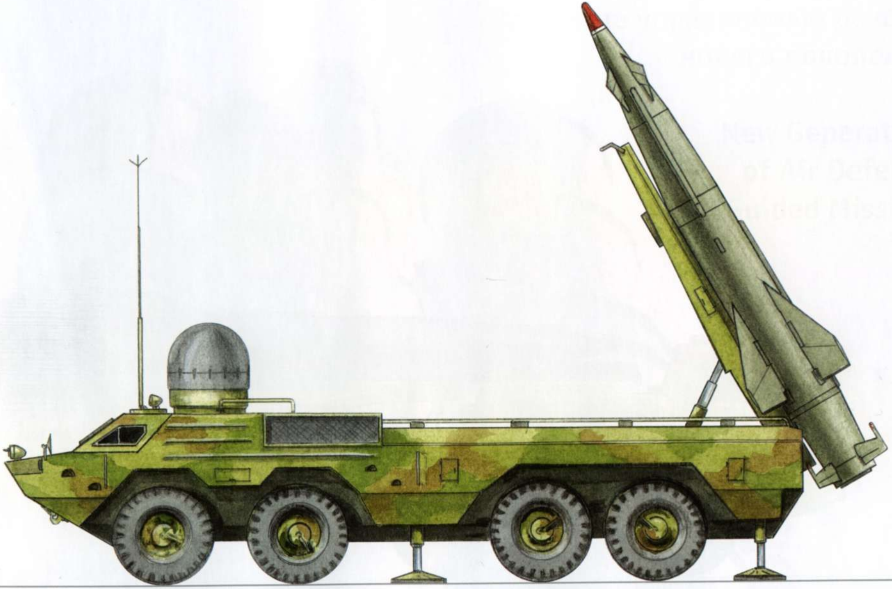
In the mid-1960s, the Fakel Engineering Design Bureau developed two projects of theater ballistic missiles intended for use with the Yastreb and Tochka tactical missile systems. These missiles were developed on the basis of the 4K60 missile being designed at that time for use with the M-11 versatile shipborne missile system. This enabled the designers to offer a rather promising design of a single-stage tactical ballistic missile fitted with a solid-propellant rocket engine.

A number of engineering solutions adopted in the course of work on these projects were later implemented in other tactical ballistic missiles designed in our country.

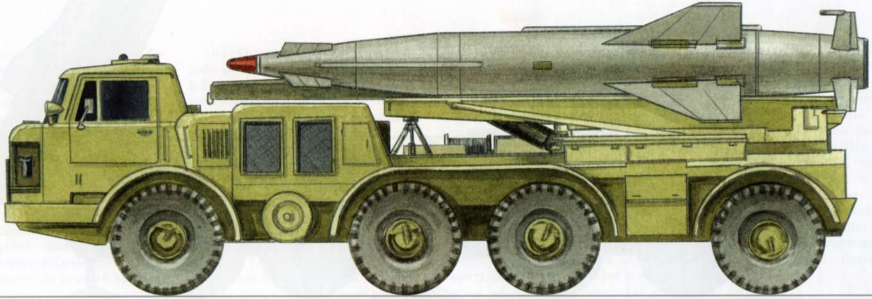
In 1963, the Fakel Engineering Design Bureau elaborated the V-612 tactical missile for the Yastreb system intended to engage pin-point ground targets at a distance of 8 to 35 km.

In 1965, the Fakel Engineering Design Bureau elaborated the V-614 tactical missile for the Tochka system intended to engage pin-point ground targets at a distance of 8 to 70 km. The missile was supposed to be fitted with an inertial guidance system with an onboard computer and a powerful warhead.

To transport the missiles, it was planned to employ amphibious self-propelled carriers on cross-country wheeled chassis.



Пусковая установка тактического ракетного комплекса "Ястреб" (проект)
Launcher of Yastreb tactical missile system (project)



Пусковая установка тактического ракетного комплекса "Точка" (проект)
Launcher of Tochka tactical missile system (project)

Зенитные управляемые ракеты нового поколения

New Generation of Air Defense Guided Missiles

Интенсивное развитие и совершенствование средств воздушного нападения, повышение их качественных и количественных показателей, изменения в стратегии и тактике их боевого применения в последние десятилетия значительно усложнили задачи, стоящие перед средствами ПВО. Анализ результатов недавних военных конфликтов и боевых столкновений средств воздушного нападения и средств ПВО уже привел к тому, что в ряде передовых в военно-техническом отношении стран принципы построения перспективных средств ПВО и разработки для них зенитных ракетных средств начали рассматривать с новых позиций.

В настоящее время облик перспективных средств ПВО и входящих в их состав зенитных управляемых ракет (ЗУР) формируется, исходя, прежде всего, из оценок перспектив дальнейшего развития средств воздушного нападения. Имеющаяся в настоящее время статистика, как по существующим, так и по перспективным пилотируемым авиационным средствам, свидетельствует о том, что в ближайшие 10-15 лет крайне маловероятны какие-либо революционные изменения в характеристиках авиационных средств воздушного нападения. Основной вектор их развития будет направлен, прежде всего, в сторону модернизации уже существующих самолетов и вертолетов: дальнейшего уменьшения их эффективной площади рассеивания (ЭПР) и радиозаметности (технологии "Стелс"), увеличения маневренных свойств и снижения уязвимости (бронирование кабин летчиков, топливных баков, систем управления и т.п.). Наибольший же прогресс в развитии средств воздушного нападения в ближайшие годы будет связан с высокоточным оружием (ВТО), тактическими баллистическими ракетами и широким распространением беспилотных летательных аппаратов.

Стремительный прорыв в ряде технических областей, и прежде всего – в микроэлектронике, в последние годы позволил создать образцы оружия, которое можно запускать с носителей, находя-

ЗРС С-300ПМУ-2 "Фаворит"
S-300PMU-2 Favorit AD missile system

The intensive development and modernization of air attack means, improvement of their qualitative and quantitative parameters, changes in the strategy and tactics of their combat employment during the last decades have considerably complicated the present tasks of the Air Defense. The analysis of the recent armed conflicts and results of combat use of the AD systems against air attack means have already given impetus for working out new approaches towards developing the perspective AD systems with corresponding AD missiles in a number of militarily and technologically advanced countries.

Currently, the configuration of the proposed AD systems and their structural component, the AD guided missiles, is mainly estimated with regard to the further development of air attack means. According to the available statistics concerning both the existing and perspective manned air means, the revolutionary changes in the characteristics of air attack means are scarcely probable in the 10-15 years to come. Development of the air attack means will mainly be aimed at upgrading the already existing aircraft and helicopters, i.e. at further decrease of effective area of dispersion and radio detectability (stealth technology), improvement of maneuvering capabilities and vulnerability reduction (armoring of cockpits, fuel tanks, control systems, etc.). However, the coming years will feature the biggest progress in the development of high-precision weapons, tactical ballistic missiles, as well as wide use of unmanned air vehicles.

Breakthroughs of the recent years in a number of engineering areas, and particularly in microelectronics, have allowed designing and developing weapons that can be launched from carriers located beyond the range of the existing AD missile systems. These breakthroughs have primarily resulted in the wide employment of high-precision weapons used for striking at the most important targets: control and communications centers, ground AD facilities, nuclear and hydroelectric power stations, airports, railway bridges, etc., as

щихся вне пределов зон досягаемости для существующих зенитных ракетных комплексов. Одним из главных результатов этого прорыва стало широкое использование в последние годы средств ВТО для нанесения ими ударов по наиболее важным целям – пунктам управления, связи, наземным средствам ПВО, атомным и гидроэлектростанциям, аэродромам, железнодорожным мостам и т.п., а также для уничтожения экономической и военной инфраструктуры противника в ходе полномасштабных боевых действий. А потому большинство специалистов, изучающих сегодня результаты использования в боевой обстановке средств ВТО, как правило, едино в своих выводах: в ближайшие годы наиболее состоятельной формулой победы в большинстве военных конфликтов должно стать сочетание “ВТО плюс информационное обеспечение”. В свою очередь, не подлежит сомнению, что в ближайшие годы наибольший прогресс в области совершенствования средств ПВО должен быть связан с увеличением эффективности их действия против ВТО.

Другой, не менее актуальной задачей для создателей средств ПВО на ближайшие годы останется проблема обеспечения эффективной борьбы с тактическими баллистическими ракетами (ТБР) и оперативно-тактическими баллистическими ракетами (ОТБР).

На фоне этих тенденций ведется подготовка к смене поколений ЗУР большой и средней дальности, которым предстоит сыграть значительную роль в будущих военных конфликтах. Ракеты этого класса должны стать универсальными, способными эффективно поражать как все виды пилотируемых и беспилотных авиационных средств, так и баллистические ракеты и различные виды ВТО, несмотря на имеющиеся между этими целями существенные различия. Например, для эффективного поражения баллистических ракет требуются высокоскоростные ЗУР,

Пусковая установка ЗРС С-300ПМУ-2 с ракетами 48Н6Е2
S-300PMU-2 AD missile system launcher with 48N6E2 missiles

well as for destruction of the enemy economic and military infrastructure during large-scale combat operations. Thus, the majority of experts currently studying the results of high-precision weapons employment in combat conditions share a single conclusion: in the nearest future, the most effective victory formula for the majority of military conflicts should feature the “high-precision weapons plus data support” combination. There is also no doubt that in the coming years the greatest progress in upgrading the AD weapons should be directly connected with their increased efficiency against high-precision weapons.

Another important issue for the AD weapons designers for the coming years is ensuring effective countermeasures against tactical and theater ballistic missiles.

These trends constitute the background for the change of the current generation of long- and medium-range AD missiles that will play significant role in the future military conflicts. Such missiles should be versatile, capable of effectively engaging all types of manned and unmanned air vehicles as well as ballistic missiles and different types of high-precision weapons, despite significant distinctions between those targets. For instance, the effective destruction of ballistic missiles requires high-speed AD missiles featuring an average flight speed of up to several km/s and providing target interception and destruction at safe altitudes and distances from the protected installation. These are exactly the qualities of the 48N6E2 long-range missile designed in the Fakel Engineering Design Bureau for the S-300PMU2 Favorit missile system. During the tests carried out in August 1995, this guided missile repeatedly engaged the SCUD-type ballistic missiles’ warheads on their trajectory.

Simultaneously, the demands for performance characteristics of the AD missiles intended for engaging relatively имеющие среднюю скорость полета до нескольких км/сек и обеспечивающие в процессе перехвата уничтожение цели как летательного аппарата – на безопасных для обороняемого объекта расстояниях и высотах. Именно такими качествами, например, обладает ракета большой дальности 48Н6Е2, разработанная в МКБ "Факел" для ЗРС С-300ПМУ-2 "Фаворит". В процессе испытаний этой ЗУР, проведенных в августе 1995 года, был неоднократно продемонстрирован подрыв на траектории боевого снаряжения баллистических ракет типа "Скад".

Наряду с этим, уровень требований к ЗУР, необходимых для поражения относительно низковысотных и малоскоростных средств ВТО, по средней скорости полета может быть значительно снижен. Однако в этом случае на первый план выходит ряд других требований.

Известно, что бортовая аппаратура перспективных средств ВТО, создаваемая на базе современных достижений электроники, минимизирована по своим массо-габаритным характеристикам до предельно малого уровня и занимает сравнительно небольшой объем в корпусе оружия. Масса же и габаритные характеристики средств ВТО в основном определяются их боевым снаряжением и двигательной установкой. Это обстоятельство, особенно при больших скоростях сближения ЗУР с целью и больших ошибках наведения, затрудняет уничтожение боевого снаряжения ВТО, поскольку требует наличия для ЗУР соответствующего информационного обеспечения. Кроме того, ЗУР должна обла-

low-altitude and low-speed high-precision weapons may be considerably reduced in regard to the missiles' average flight speed. In this case, however, a number of other demands for their characteristics become more important.

It is common knowledge that onboard equipment of the perspective high-precision weapons developed on the basis of modern achievements in electronic engineering is minimized in weight and dimensions to the minimum possible level to occupy a rather small space inside the weapon's body. But the weight and dimensions of high-precision weapons are basically determined by their payload and propulsion system. This fact, especially in the conditions of an AD missile's high closing speed and serious guidance errors, impedes the destruction of high-precision weapons' payload, as it requires adequate data support for the AD missiles. Besides, an AD missile should be capable of intensive maneuvering in the target interception area and be fitted with a "smart" payload, which can produce an optimum fragment spread zone for engaging a particular target.

Currently, the rational consideration of these issues has become the basis for developing the medium-range AD missiles of new generation and for employing a large number of key technologies in the missile design. In particular, the foreign designers of similar AD missiles focus primarily on ensuring the direct hit of the target by a missile (or by its separating interception stages) for maximum use of the kinetic energy of impact for the target

Пусковая установка ЗРС "Триумф"
Triumph AD missile system launcher

дать способностью к выполнению интенсивных маневров в зоне перехвата цели, а ее боевое снаряжение должно быть "интеллектуальным", то есть способным сформировать оптимальное для конкретных условий перехвата поле осколков, поражающих цель.

Сегодня рациональный учет этих особенностей положен в основу выполнения разработок ЗУР средней дальности нового поколения и реализации в их конструкции целого ряда ключевых технологий. В частности, за рубежом создатели подобных ЗУР ориентируются, прежде всего, на обеспечение прямого попадания ракет (или отделяемых от них ступеней перехвата) в цель с тем, чтобы максимально использовать для ее уничтожения кинетическую энергию соударения. Одновременно для увеличения эффективности действия перспективные ЗУР оснащаются также боевым зарядом, но его масса и размеры существенно меньше, чем боевые заряды, устанавливавшиеся на ЗУР предыдущего поколения.

Следует отметить и то, что для ЗУР нового поколения характерен переход от полуактивного радиолокационного самонаведения к комбинированному способу управления, сочетающему инерциальное наведение с радиокоррекцией (на начальном и среднем участках траектории) и активное радиолокационное самонаведение в более коротком, чем ранее, диапазоне волн (на конечном участке траектории). Подобный переход позволяет, во-первых, увеличить число одновременно обстреливаемых целей, поскольку отпадает необходимость в непрерывной

destruction. Simultaneously, to increase the efficiency, the perspective AD missiles are also equipped with combat payload, but it is lighter and smaller than that of the previous-generation AD missiles.

It is also necessary to mention that the new-generation AD missiles feature the transition from semiactive radar homing to the combined control incorporating the inertial guidance with radio-correction (at the initial and middle legs of the trajectory), and active radar homing within shorter than previously waveband (at the final leg). This transition allows, firstly, increasing the number of simultaneously engaged targets as there is no necessity for continuous transmission of guidance commands or target illumination till the moment of interception, and secondly, increasing the homing accuracy by using shorter waveband simultaneously with reducing the antenna diameter of the homing head.

During the interception when an AD missile is approaching a target at a high speed (up to 3-4 km/s), the time of high-precision guidance is usually limited to several seconds. It sets special requirements to the response time of the onboard equipment and the AD missile maneuverability. In this connection, the employment of combined modes of generating control forces and moments that incorporate aerodynamic and gas dynamic modes becomes increasingly typical for the new generation of AD missiles. For this, the missiles are fitted with special propulsion systems of control in roll. Employment of such systems at the final stage of homing

Пусковая установка ЗРС "Триумф"
Triumph AD missile system launcher

передаче команд управления или подсвета цели до момента перехвата, а во-вторых, использование более короткого диапазона волн при одновременном снижении диаметра антенны ГСН позволяет увеличить точность самонаведения.

При перехвате на больших скоростях сближения ЗУР с целью (до 3-4 км/сек) время для высокоточного наведения, как правило, ограничивается несколькими секундами. Это предъявляет особые требования к быстродействию бортовой аппаратуры и маневренности ЗУР. В связи с этим, для ЗУР нового поколения все более характерным становится применение комбинированных способов создания управляющих сил и моментов, которые сочетают в себе аэродинамические и газодинамические способы. С этой целью на ракетах устанавливаются специальные двигательные установки поперечного управления. Их использование для управления на завершающей фазе самонаведения позволяет уменьшить время реакции ЗУР в 10-15 раз и получить более высокую точность самонаведения.

Другим перспективным направлением повышения эффективности ЗУР является создание для них информационно обеспеченного управляемого боевого снаряжения, ориентированного на поражение целей “останавливающим” действием (разрушением конструкции) – при перехвате пилотируемых целей, и на поражение (нейтрализацию) боевой нагрузки – при перехвате беспилотных целей, в том числе БР и ВТО. Управление боевым снаряжением ЗУР при этом осуществляется доплеровским радиовзрывателем, использующим для адаптации к условиям встречи с целью всю имеющуюся на борту ракеты информацию (тип и размер цели, величина относительной скорости, углы встречи ракеты с целью, фаза промаха и ориентация ракеты и ее боевого снаряжения относительно цели в момент пролета). Дополнительно может быть использована и информация о величине промаха, выдаваемая самим радиовзрывателем.

Направленный выброс поражающих элементов осуществляется управляемым осколочно-фугасным боевым снаряжением, оснащенным системой многоточечного инициирования, которая – по команде радиовзрывателя на срабатывание – в управляемом режиме (при наличии информации о фазе промаха), вызывает его инициирование в соответствующих требуемому направлению точках подрыва, обеспечивая перераспределение энергии взрыва и метание основной части осколочного поля с повышенной скоростью в сторону цели. В то же время, при отсутствии необходимой информации о фазе промаха, ракетой может быть реализован центральный подрыв боевого снаряжения с симметричным разлетом осколков. Таким образом, сочетание рациональных алгоритмов наведения, позволяющих достичь повышенной точности наведения, с обеспечением высокой вероятности накрытия осколочным полем ЗУР боевого снаряжения ВТО и баллистических целей дает наивысшее качество их поражения – уничтожение боевого снаряжения цели непосредственно в момент перехвата, за счет его

Испытательный стенд для ЗУР 9М96Е
Test bench for 9M96E missile

allows reducing the AD missiles' response by 10-15 times and reaching higher homing accuracy.

Another perspective direction of increasing the AD missiles' efficiency is development of software controlled payload for destroying the targets by “stopping” action (destructive effect on construction) when intercepting the manned targets, and for payload destruction (neutralization) when intercepting the unmanned targets, including the ballistic missiles and high-precision weapons. The AD missiles' payload is controlled by the radar Doppler-operated fuze that uses all onboard information (target's type and dimensions, relative speed values, angles of missile collision course, misfire phase, and orientation of the missile and its payload towards the target at the bypass moment) for adjustment to meeting the target. Besides, the interception error information generated by the radar fuze may also be used.

Directed ejection of the killing elements is exercised by the guided HE fragmentation warhead fitted with a multipoint initiation system. Upon the radio fuze command in guidance mode (in case misfire phase information is available), the system initiates the fuze in the explosion points depending on the required direction, which provides redistribution of the explosion power and directs main part of the fragmentation field with increased speed towards the target. At the same time, when the necessary misfire phase information is not available, the central initiation of the payload with symmetrical separation of fragments can take place. Thus, the combination of rational guidance algorithms allows the designers to achieve enhanced guidance accuracy with high probability of engaging the high-precision weapon's payload as well as the ballistic targets with AD missile's fragmentation field. It brings about the highest kill quality with the target's payload engaged at the interception moment, by its detonation or by explosive demolition.

Most of these technologies have been used in the medium-range 9M96E and детонации или взрывного разрушения.

Большая часть этих технологий нашла свое воплощение в разработанных "Факелом" в последние годы ЗУР средней дальности 9М96Е и 9М96Е2. В ближайшие годы они войдут в состав новых модификаций систем ПВО как наземного, так и корабельного базирования.

Ряд перспективных технологий в ближайшем будущем определит и облик ЗУР малой дальности. Сегодня подавляющее большинство зенитных ракетных комплексов малой дальности, находящихся на вооружении, используют командные способы наведения. При этом, как правило, наряду с радиолокационным, используются каналы сопровождения цели в видимом и инфракрасном диапазонах. Таким образом обеспечиваются помехозащищенность и всепогодность, достаточные для успешной боевой работы ЗРК в любых условиях. Однако большинство существующих ЗРК малой дальности – одноканальные, а потому они не могут эффективно бороться даже с ограниченным массированным ударом средствами ВТО. Поэтому, несмотря на свою относительную простоту и дешевизну, ЗРК с командным наведением ЗУР на цели могут эффективно использоваться только при защите объектов, по которым маловероято применение массированного удара средствами ВТО.

В настоящее время в ряде стран осуществляется разработка ЗРК малой дальности, оснащаемых ЗУР с командным наведением на начальном участке и самонаведением на заключительном этапе полета. В таких зенитных ракетных комплексах предусматривается несколько каналов сопровождения цели, что должно обеспечить эффективную борьбу с массированным ударом ВТО.

В перспективе особого внимания заслуживает идея использования в составе зенитных ракетных комплексов ЗУР с командно-инерциальным наведением на начальном участке и самонаведением в радиолокационном и оптическом диапазоне на конечных этапах полета. ЗУР с подобными возможностями в наибольшей степени смогут соответствовать требованиям защиты важных объектов от массированных ударов любых средств ВТО, поскольку они практически не будут иметь ограничений по скорострельности, а в сочетании с реализацией принципа "выстрелил-забыл" позволят организовать высокую плотность огня по уничтожению средств ВТО. Еще одним ценным качеством этих ЗУР может стать возможность их применения во всех видах вооруженных сил – ВВС, Сухопутных войсках и ВМФ.

В ближайшие годы реализация подобной унификации станет одним из приоритетных направлений работы для создателей новых типов ЗУР – малой, средней и большой дальности. Решение этой задачи позволит радикально сократить существующий в настоящее время типаж ЗУР, выявить и обеспечить реализацию наиболее перспективных направлений в их разработке, резко сократить затраты и сроки их создания и в итоге обеспечить повышение функциональной и экономической эффективности зенитных ракетных комплексов.

9M96E2 AD missiles recently developed by the Fakel Engineering Design Bureau. In a few years these missiles will be integrated with new modifications of both ground-based and ship-based AD systems.

In the nearest future, several perspective technologies will also influence the development of short-range AD missiles. Currently, the overwhelming majority of the in-service short-range AD missile systems employ the command guidance mode. As a rule, the visible and infra-red target tracking channels are used along with radar target tracking. It allows achieving electronic immunity and all-weather capability sufficient for effective combat employment of AD missiles systems in any conditions. However, most of the existing short-range AD missile systems feature one channel thus being incapable of effectively counteracting even limited concentrated strike of high-precision weapons. Therefore, despite being relatively simple and cheap, the AD missile systems with command guidance of AD missiles can be effectively employed only for protecting installations that are unlikely to become targets for massive strikes of high-precision weapons.

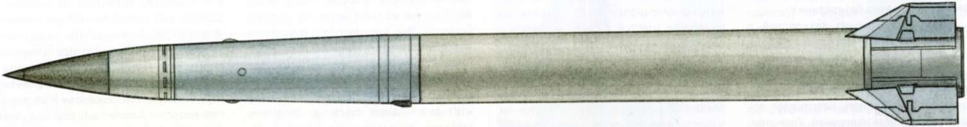
Currently, a number of countries are developing short-range AD missile systems employing AD missiles with command guidance at the initial leg and homing at the final leg of the trajectory. Such AD missile systems feature several target tracking channels, which provides for effective counteraction to massive strikes of high-precision weapons.

In future, special attention should be paid to the idea of employing in the AD missile systems the missiles featuring command-inertial guidance at the initial leg and homing in radar and optical ranges at the terminal legs. Such AD missiles are likely to fully comply with the requirements set for protection of important objects and installations from massive strikes of any high-precision weapons as they will practically lack limits in the rate of fire. When combined with the "fire-and-forget" principle they will allow achieving high density of fire to destroy high-precision weapons. Another valuable feature of these AD missiles is their possible employment in all armed services – in the Air Force, the Army and the Navy.

In the years to come, this unification will become a priority for the designers elaborating new types of AD missiles – the short-, medium- and long-range ones. Solving this problem will allow them to considerably reduce the existing AD missiles' variety, determine and provide the realization of the most promising trends in missile design, cut the expenditures and terms of their development, and finally provide the increase of functional and economic efficiency of the AD missile systems.

ЗРС С-300ПМУ-2. Зенитная управляемая ракета 48Н6Е2

S-300PMU-2 AD missile system. 48N6E2 guided missile



Зенитная управляемая ракета большой дальности 48Н6Е2 предназначена для поражения как современных, так и перспективных средств воздушного нападения: самолетов стратегической, тактической и морской авиации, стратегических крылатых ракет, авиационных ракет, тактических и оперативно-тактических баллистических ракет, беспилотных летательных аппаратов, – во всем диапазоне условий их боевого применения.

Ракета эксплуатируется в герметичном транспортно-пусковом контейнере (ТПК) и не требует проверок и регулировок в течение всего срока службы. 48Н6Е2 – одноступенчатая ракета, выполненная по нормальной аэродинамической схеме, с раскрываемыми после старта рулями.

Старт ракеты – вертикальный, с помощью установленной в ТПК катапульты, без предварительного разворота пусковой установки в сторону цели. После запуска двигателя ракета склоняется в требуемом направлении в зависимости от положения цели при помощи газовых рулей-элеронов.

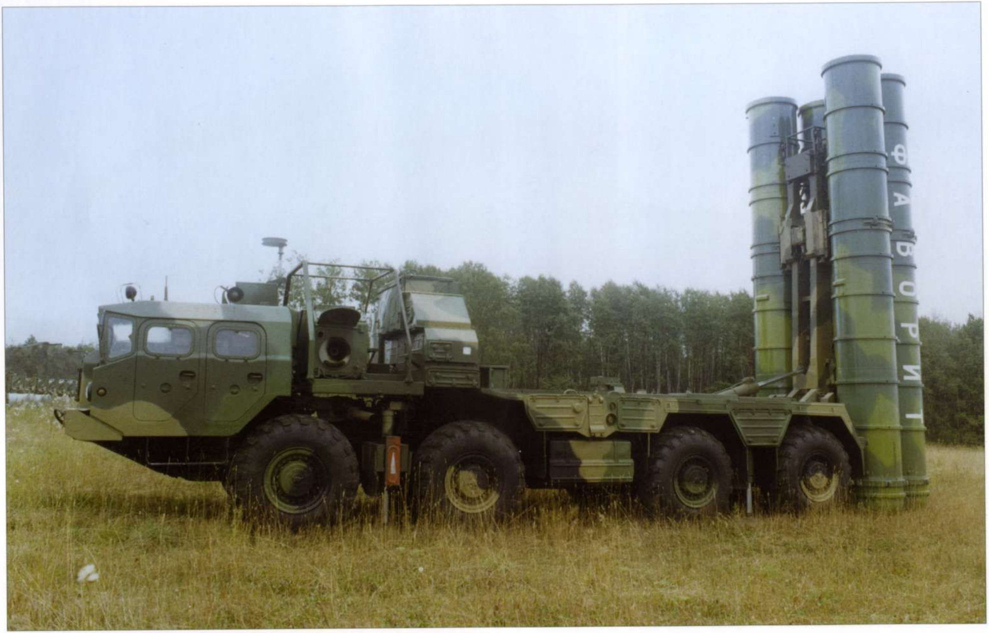
При наведении ракеты используется принцип сопровождения цели через ракету. Осколочно-фугасная боевая часть большой мощности в сочетании с высокими перегрузками, которые способна выдерживать ракета, обеспечивают эффективное поражение целей, в том числе и интенсивно маневрирующих.

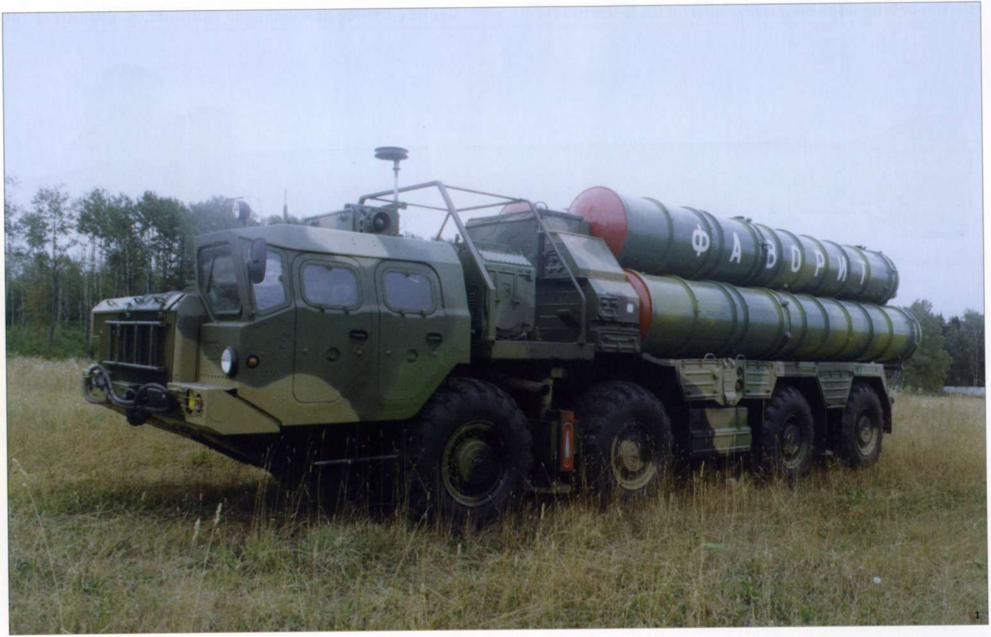
The 48N6E2 long-range AD missile is intended to engage the in-service air attack weapons as well as those under development, including strategic, tactical and naval aircraft, strategic cruise missiles, air-launched missiles, tactical and theater ballistic missiles, and UAVs in the complete range of their combat use.

The missile is operated in a sealed transporting-launching container and requires no maintenance or check-ups throughout its entire service life. The 48N6E2 is a single-stage missile employing a normal aerodynamic configuration with control surfaces that are unfolded after launch.

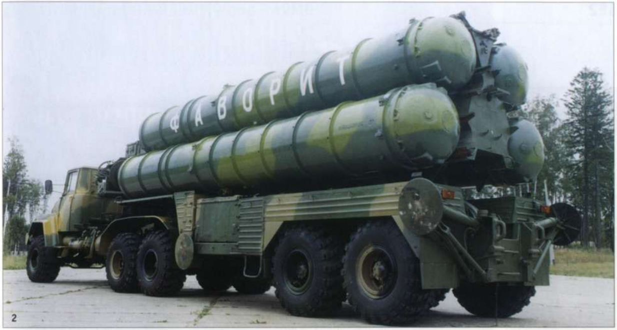
The missile is launched vertically with an aid of a catapult mounted in the transporting-launching container, without a preliminery turn of the launcher in the direction of the target. After the ignition of engine, depending on the position of the target, the missile is deflected in the required direction by means of gas vanes (ailerons).

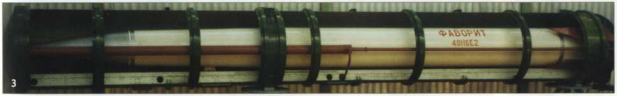
Missile guidance is of the missile-tracking type. A powerful HE fragmentation warhead coupled with the missile's ability to withstand high g-loads ensures efficient destruction of targets, including the intensively evading ones.

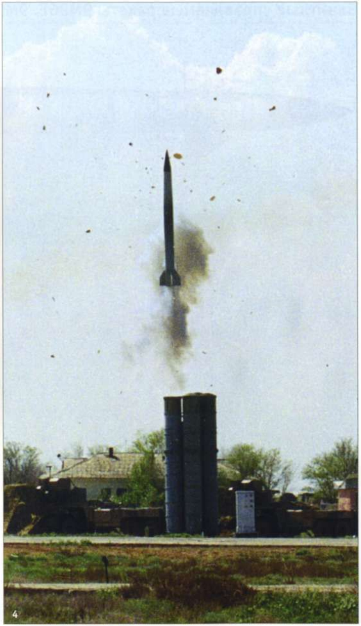

ФАВОРИТ



1



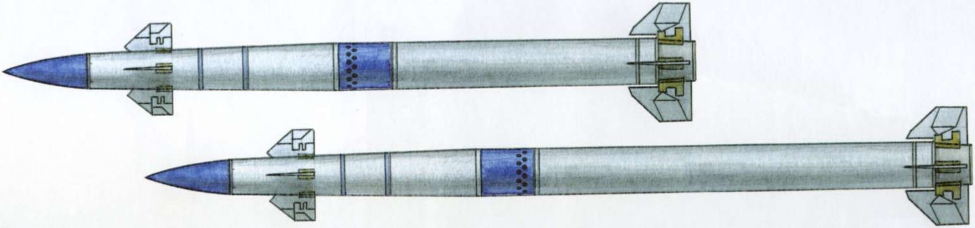




1,2. *Пусковая установка ЗРС С-300ПМУ-2 "Фаворит"*
S-300PMU-2 Favorit AD missile system launcher

3. *ЗУР 48Н6Е2 в ТПК*
48N6E2 missile in transporting-launching container

4. *Пуск ЗУР 48Н6Е2*
Launch of 48N6E2 missile



Ракеты 9М96Е и 9М96Е2 – одноступенчатые твердотопливные. Выполнены по аэродинамической схеме "утка", с раскрываемым после старта свободно вращающимся хвостовым крыльевым блоком. Ракеты полностью унифицированы по составу бортового оборудования, боевому снаряжению, конструкции и отличаются только размерами двигательных установок.

Старт ракеты – вертикальный, с помощью газодинамического устройства, без предварительного разворота пусковой установки в сторону цели. После выхода ракеты из ТПК, перед запуском разгонно-маршевого двигателя, она разворачивается в требуемом направлении с помощью газодинамической системы.

Управление полетом ракеты и ее наведение на цель на начальном и среднем участках траектории полета осуществляется с помощью инерциально-корректируемой системы. В процессе перехвата цели используется активное самонаведение. При необходимости интенсивного маневрирования перед точкой встречи с целью ракета способна выйти на режим "сверхманевренности", для чего используется специальная газодинамическая система управления.

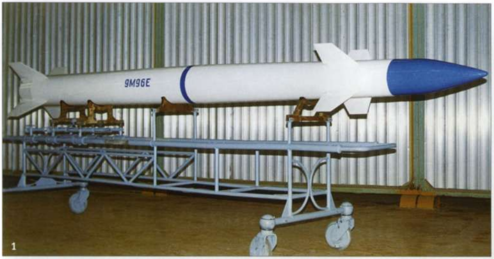
Конструктивно ракеты 9М96Е и 9М96Е2 состоят из нескольких отсеков, в которых расположены: система активного самонаведения, агрегаты управления рулями ракеты, система газодинамического управления, "интеллектуальное" боевое снаряжение, блоки бортовой аппаратуры, двухрежимный твердотопливный ракетный двигатель, приемники команд коррекции наведения.

The 9M96E and 9M96E2 are single-stage solid-propellant missiles employing a canard aerodynamic configuration with a freely-rotating aft wing unit that unfolds after launch. The missiles are completely identical to each other in terms of the configuration of the onboard equipment, payload and design. They differ only in the size of their engines.

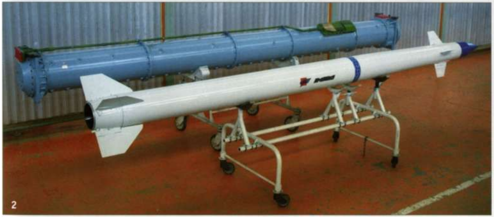
The missile is launched vertically by means of a gas dynamic system, without a preliminary turn of the launcher in the direction of the target. After the missile leaves its transporting-launching container and before the sustainer booster is started, the missile is deflected in the required direction by a gas dynamic system.

Missile flight control and guidance at the initial and midcourse legs of the flight path are accomplished via an inertial correction guidance system. In the target interception phase, the missile switches over to active self-guidance. Whenever the missile has to perform a maneuver to get to its rendezvous point, the missile can activate its "superagility" mode. For the latter, a special gas dynamic control system is employed.

Structurally, the 9M96E and 9M96E2 missiles consist of a number of sections housing an active radar homing system, missile control surface actuators, a gas dynamic system, "intellectual" payload, onboard equipment units, a dual-mode solid-propellant rocket engine and guidance correction command receivers.



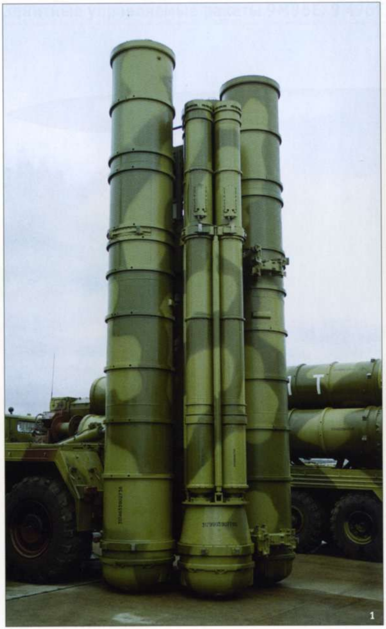
1

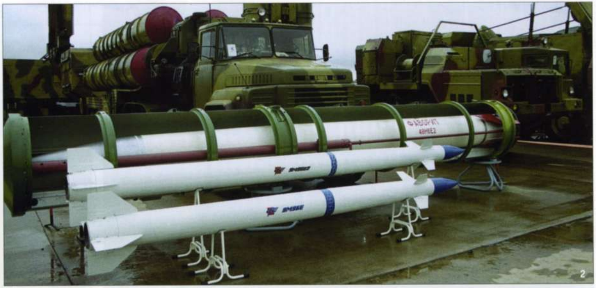


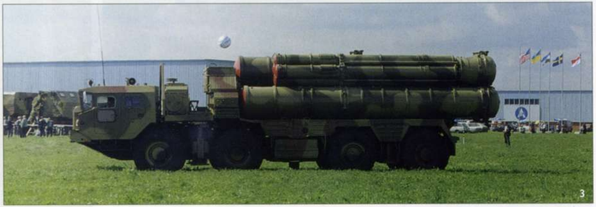
2

3

1. *ЗУР 9М96Е*
   9M96E missile
2. *ЗУР 9М96Е2 и ТПК*
   9M96E2 missile and transporting-launching container
3. *Пуск ЗУР 9М96Е2*
   Launch of 9M96E2 missile







1,2. *Ракеты 9М96Е, 9М96Е2 и 48Н6Е2 в кассете-контейнере и на выставке*
9M96E, 9M96E2 and 48N6E2 missiles in cassette-container and at an exhibition

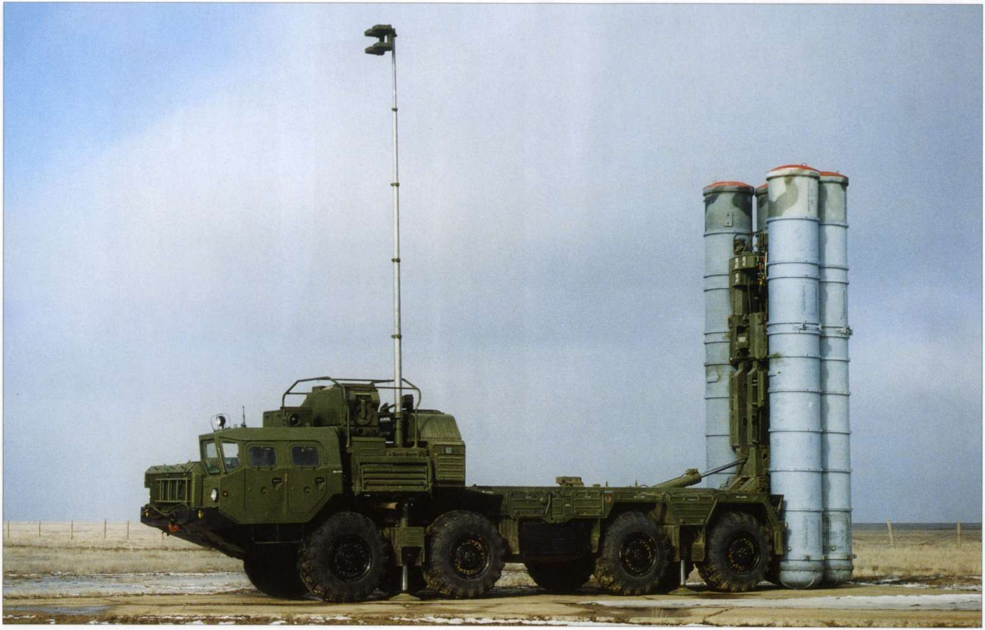
3. *Пусковая установка с ракетами 9М96Е, 9М96Е2 и 48Н6Е2*
9M96E, 9M96E2 and 48N6E2 missile launcher

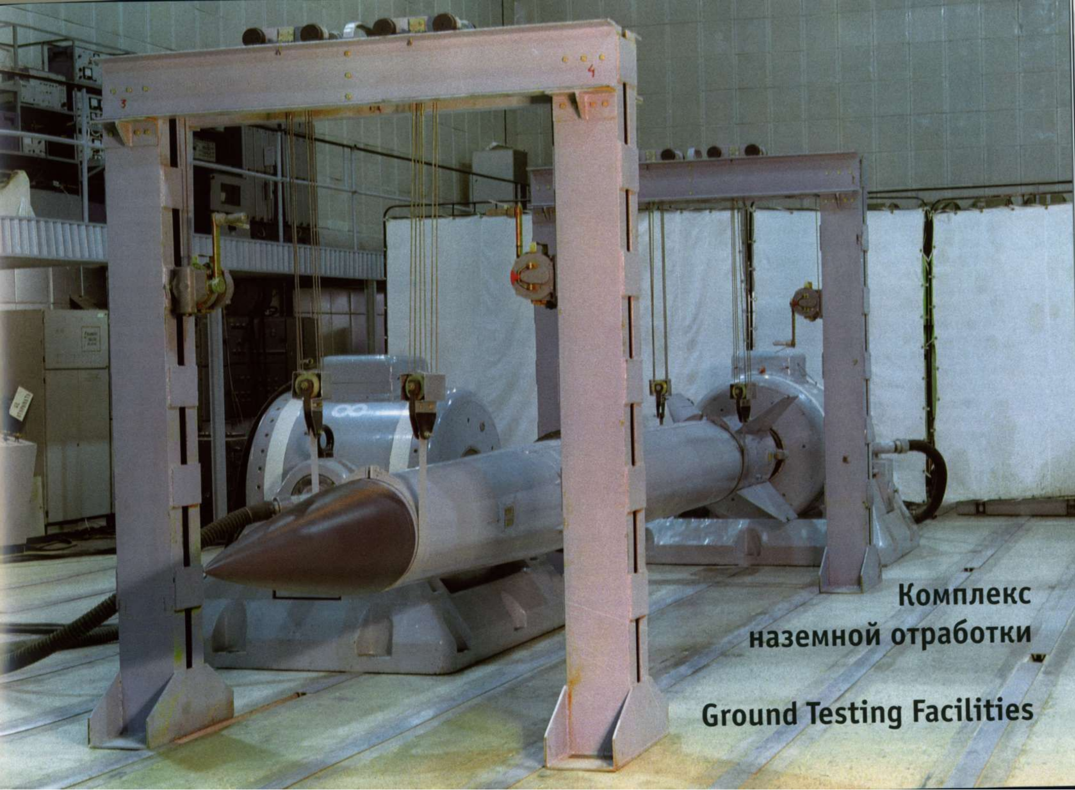
4. *Пуск ЗУР 9М96Е*
Launch of 9M96E missile

5. *Стенд для испытаний ракет 9М96Е, 9М96Е2*
Test bench for 9M96E and 9M96E2 missiles

4

5





Комплекс наземной отработки

Ground Testing Facilities

Принципиально новым направлением в работе МКБ “Факел” стало внедрение в практику создания новых ракет комплексной системы наземной отработки.

Опыт, накопленный предприятием уже на начальных этапах создания ракетной техники, показал: требуемая надежность ракет и их бортового оборудования может быть обеспечена не только путем дублирования наиболее важных компонентов, их тщательным отбором, но и жесткими условиями стендовых и лабораторных испытаний. При этом летные испытания должны проводиться лишь в тех случаях, когда нагрузки, действующие на ракету в полете, не могут быть воспроизведены в наземных условиях.

Акцентируя внимание на наземной отработке ракет, на предприятии руководствовались следующим:

– прогресс ракетной техники, сопровождаемый непрерывным накоплением опыта, позволяет обеспечить максимальную надежность создаваемой продукции. Эта надежность базируется на результатах, полученных в процессе наземной отработки ракет;

– существенное увеличение стоимости ракет и их отдельных элементов ограничивает возможности изготовления большого количества опытных образцов для летных испытаний;

– в процессе проведения наземных испытаний значительно облегчается выполнение измерений необходимых параметров и анализ состояния испытываемых объектов.

С целью имитации в наземных условиях практически всех видов нагрузок на ракеты в МКБ “Факел” были созданы и введены в строй специализированные (в том числе и уникальные) стенды. Причем все это оборудование сконцентрировано в одном из наиболее мощных испытательных центров мира. Пожалуй, главным результатом деятельности центра стало то, что необходимое для проведения летных испытаний количество ракет уменьшилось в пять – пятнадцать раз. При этом их надежность к началу летных испытаний увеличилась в четыре раза.

В настоящее время испытательный центр МКБ “Факел” позволяет проводить следующие испытания:

– теплопрочностные;
– статические;
– динамические;
– имитационные транспортировочные, в том числе и ускоренные;
– по измерению, регистрации и анализу вибрационных процессов;
– климатические – на тепло- и холодоустойчивость;
– на брызго-влагоустойчивость, с имитацией инея, брызг, морского тумана, тропического климата, пыли, солнечной радиации;
– вакуумные – на пониженное давление или глубокий вакуум;
– криогенные – до температуры 4 К;
– на ускоренное длительное хранение;
– комплексные – при одновременных вибрационных и климатических воздействиях;
– ударные – имитация падения;
– по моделированию радиообстановки и измерению СВЧ характеристик антенн и обтекателей;

The use of diversified ground testing facilities in the process of developing new missiles has become a fundamentally new practice adopted by the Fakel Engineering Design Bureau.

The experience accumulated by Fakel at the early dawn of the missilery age showed that the required dependability of missiles and their onboard equipment could be ensured not only by duplication of the most crucial elements and their careful selection, but also by conducting rigorous bench and laboratory tests. In this case, flight tests are required only when missile flight loads cannot be simulated on the ground.

Focusing on the ground testing of missiles, the Fakel's specialists were motivated by the following considerations:

– the progress in missile engineering coupled with the continuous accumulation of experience makes it possible to ensure maximum dependability of products. The dependability is based on the data obtained in the process of testing missiles on the ground;

– a considerable increase in the cost of missiles and their separate elements limits the possibility of manufacturing a large number of test models for flight testing;

– ground tests make the measurement of requisite parameters considerably easier.

To simulate practically all types of missile loads in ground conditions Fakel has designed and put in operation special-purpose test benches (some of them are unique). All this equipment has been brought together in one of the world's largest test centers. Probably, the main result of the center's activities is that there has been a five- to fifteenfold reduction in the number of missiles necessary for conducting flight tests. At the same time, their dependability rate has grown fourfold by the beginning of the flight tests.

Today, the Fakel's testing center allows conducting the following tests:

– thermal strength tests;
– static tests;
– dynamic tests;
– transportation simulation tests, including the accelerated ones;
– vibration data measurement, recording and analysis;
– climatic tests (low-temperature and high-temperature stability);
– spray- and moisture-resistance tests with hoarfrost, spray, sea fog, tropical climate, dust, solar radiation simulation;
– vacuum tests (low-pressure or high-vacuum);
– cryogenic tests (up to a temperature of 4 K);
– accelerated long-term storage tests;
– combined tests including vibration and climatic effects;
– shock/impact tests with drop simulation;
– radio environment simulation tests with measurement of UHF characteristics of antennas and fairings;
– electromagnetic compatibility tests;
– electric and functional tests to check electrical safety and insulation strength;
– fire and environmental safety tests;
– physical-chemical analysis of the properties of various materials.

- на электромагнитную совместимость;
- электротехнические, функциональные, на проверку электробезопасности и прочности изоляции;
- на пожаробезопасность и экологическую безопасность;
- по физико-химическому анализу свойств различных материалов.

Следует особо отметить, что стенды и лаборатории испытательного центра предприятия расположены в специальных экранированных помещениях, что позволяет обеспечить необходимую безопасность и конфиденциальность испытаний.

Испытательный центр предприятия располагает комплексом самой современной регистрирующей и измерительной аппаратуры. Она работает в автоматическом режиме и регистрирует все необходимые параметры испытываемых объектов, проводит компьютерный анализ получаемых результатов и представляет их специалистам-исследователям в любой требуемой форме.

Одна из главных особенностей испытательного центра состоит в том, что здесь обеспечена возможность полунатурного моделирования в реальном масштабе времени всех процессов, которые испытывает ракета в реальном полете. Имеющиеся в лабораториях центра стенды и испытательное оборудование позволяют испытывать ракеты и их отдельные элементы в условиях, которые практически адекватны условиям хранения, транспортировки и боевого применения. При этом с целью сокращения длительности испытаний некоторые их виды совмещаются и проводятся по единой программе. В процессе испытаний аппаратуры в рамках такой программы могут воспроизводиться температурные, вибрационные, высотные и другие условия, соответствующие эксплуатационным и действующие в той же последовательности (или совместно), что и в реальной обстановке.

Статическое испытание
Static test

Подобный подход имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционными методами проведения

Of special notice is the fact that the test center's test benches and laboratories are located in special shielded rooms which makes it possible to ensure a necessary level of safety and confidentiality of tests.

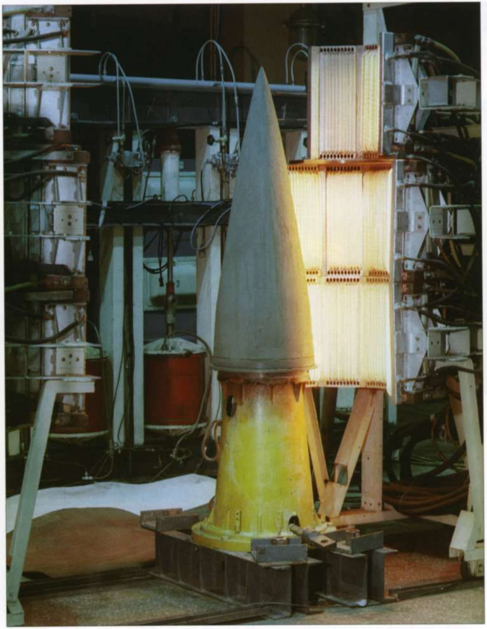
Fakels's test center possesses a variety of state-of-the-art data recording and measuring equipment. Operated automatically, it records all necessary parameters of the tested items, analyzes the received data and submits it to the research specialists in any required form.

One of the main distinctive features of the test center is that it provides for a possibility to carry out real-time half-scale modeling of all processes that affect a missile in actual flight. The test benches installed at the center's laboratories and testing facilities allow testing missiles and their separate elements in conditions that are virtually identical to those of storage, transporting and combat employment. Moreover, in order to reduce the duration of tests, some of them are combined and conducted within a single program. In the process of testing the devices within such a program it is possible to simulate temperature, vibration, altitude and other conditions matching those of the actual use and affecting a missile – either in the same sequence or simultaneously – as in actual operation.

Such approach offers a number of considerable advantages over traditional testing techniques. Thus, for instance, it allows detecting faults caused by combined exposure to vibration and climatic conditions.

Fakel's specialists have elaborated unique techniques of accelerated endurance, transporting and climatic testing, which allow reducing the duration of tests and cutting the tests' cost by dozens of times. A distinctive feature of these techniques is their use for testing sophisticated devices with multiple constituent elements.

The ground testing facilities developed by the Fakel Engineering Design Bureau have helped to implement the system of ensuring guaranteed dependability



испытаний. Например, в связи с возможностью обнаружения отказов, вызванных совместным воздействием климатических и вибрационных факторов.

Специалисты предприятия разработали не имеющие аналогов методики ускоренных ресурсных, транспортных и климатических испытаний, применение которых позволяет сократить продолжительность испытаний, а также в десятки раз сократить их стоимость. Отличительная особенность этих методик заключается в их применимости для отработки сложной аппаратуры с множеством комплектующих элементов.

С помощью созданного на предприятии комплекса наземной отработки реализована система обеспечения гарантированной надежности образцов военной и гражданской продукции. В их числе разработанные в МКБ "Факел" зенитные управляемые ракеты 48Н6 и 9М330, ряд других образцов ракетной и авиационной техники (в том числе и других предприятиятий), а также различные виды продукции гражданского назначения.

Испытательный центр МКБ "Факел" аттестован, признан и аккредитован как Испытательный центр для проведения сертификационных испытаний изделий аэрокосмического направления, машиностроительной и электротехнической промышленности, различных видов бытовой техники. Органом сертификации Госстандарта России и "Оборонсертификой" аттестованы стенды, методики испытаний и квалификация персонала на их соответствие как республиканским, так и международным стандартам.

of military- and civil-purpose products. They include the 48N6 and 9M330 AD missiles developed by Fakel, several other types of missiles and aircraft (including those built by other companies), as well as various types of civil-purpose products.

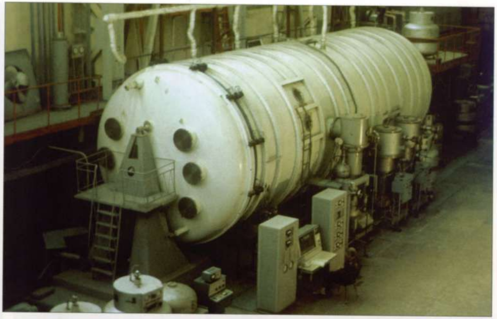
Fakel's testing center has been certified, recognized and accredited as the Testing Center for conducting certification tests of aerospace products, machine-building and electrical products and various types of household appliances. The State Committee of the Russian Federation for Standardization and Metrology (Gosstandart) and Oboronsertifika (National Classification Authority) have certified the conformity of the test benches, testing techniques, and the qualification of the personnel to both national and international standards.

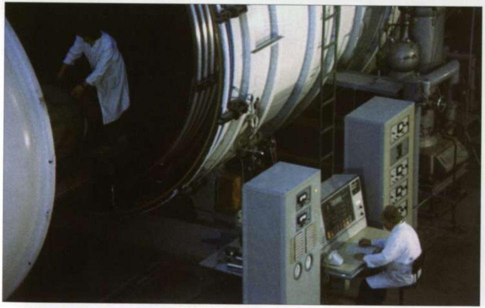
Криогенные испытания

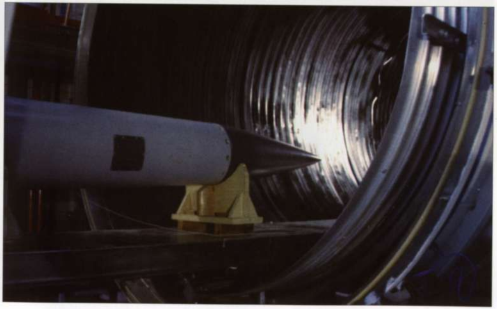
Испытания проводятся в диапазоне температур от 10 К, изменение давления – до 10^{-7} мм рт.ст. Масса испытываемых объектов – до 5000 кг, максимальные габариты объектов – 2 x 2 x 10 м.

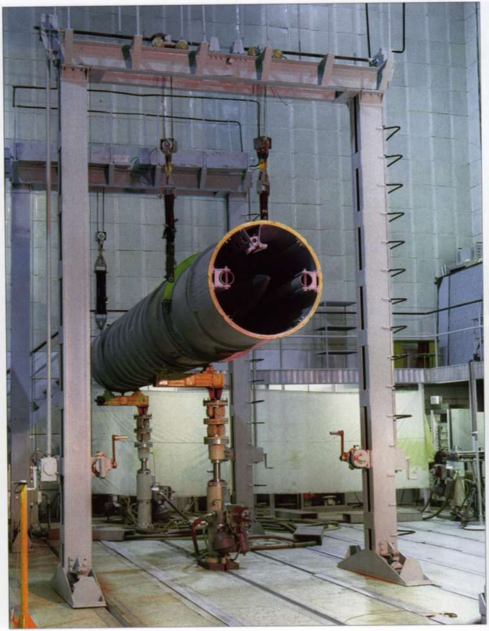
Cryogenic tests

The tests are conducted within the temperature range starting at 10 K; the pressure variation is down to 10^{-7} mm Hg. The tested items' weight is up to 5,000 kg; their maximum dimensions are 2 x 2 x 10 m.









Испытания на траспортирование

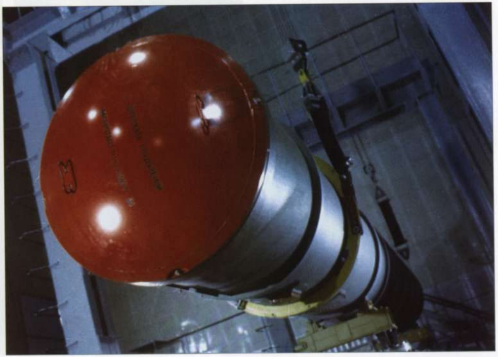
Испытания на имитацию транспортирования проводятся по уникальным методикам, которые позволяют сократить их продолжительность в 5-50 раз. Испытания проводятся в диапазоне частот от 0 до 400 Гц, максимальное перемещение ± 125 мм, максимальные габариты объектов – 30 х 10 х 15 м, масса – до 100 тонн.

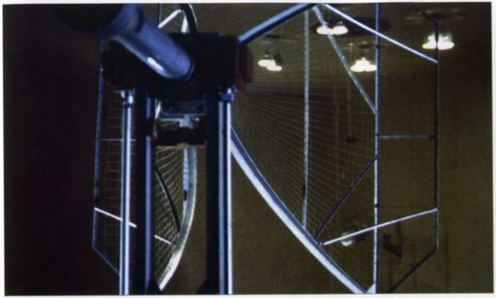
Мощность испытательного оборудования позволяет проводить испытания как отдельных агрегатов, так и целых транспортных систем.

Transportation tests

Transportation simulation tests are conducted according to the unique techniques that allow a five- to fiftyfold reduction of the duration of tests. The tests are conducted within a frequency range of 0 to 400 Hz; maximum displacement is ± 125 mm; maximum dimensions of items are 30 x 10 x 15 m, weight – up to 100 t.

The testing equipment capacity of the testing gear allows testing both separate assemblies and entire transportation systems.





Электромагнитные высокочастотные испытания

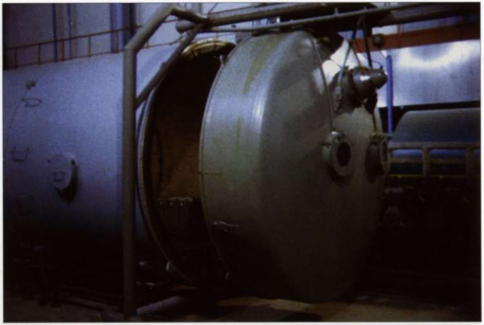
Выявление наличия радиопомех у бытовых электроприборов, измерение их характеристик, проведение испытаний на электромагнитную совместимость, измерение радиотехнических параметров антенных устройств (диаграмма направленности и коэффициент усиления) – вот цель этих испытаний.

Измерение параметров антенных устройств производится в диапазоне частот от 200 до 10000 мГц в безэховой камере размером 50 x 20 x 25 м. Частотный диапазон измеряемых радиопомех соответствует международным стандартам. Экранирование помещения с коэффициентом экранирования в диапазоне частот 0,2-10,0 гГц > 100 Дб обеспечивает конфиденциальность проводимых работ.

High-frequency electromagnetic tests

The purpose of these tests is to detect radio interference in household electric appliances, measure their performance characteristics, test them for electromagnetic compatibility, measure the radio parameters of antenna assemblies (directional pattern and gain power).

Measurements of the antenna assembly parameters are taken in the 200 to 10,000 MHz frequency range, in an anechoic chamber with dimensions of 50 x 20 x 25 m. The frequency range of measured radio interference complies with the international standards. Shielding the rooms with a factor within the frequency range of 0.2-10.0 GHz > 100 dB ensures confidentiality of the conducted tests.



Климатические испытания

Осуществляются испытания на тепло-, холодо- и влагоустойчивость с имитацией воздействия на объект климатических факторов, пониженного атмосферного давления, имитируется длительное хранение объектов на открытом воздухе или на складе, в различных климатических зонах. Испытания проводятся в диапазоне температур от -90°С до +300°С, диапазон изменения влажности – от 10 до 98%, понижение давления – до 10^{-3} мм рт.ст. Масса испытываемых объектов – до 1000 кг, максимальные габариты объектов – 1 x 1 x 7,5 м.

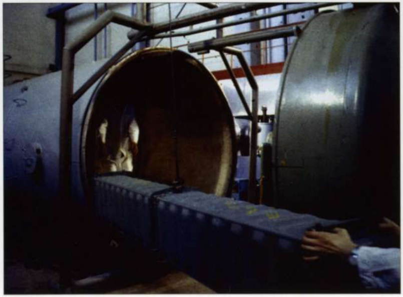
Применяемые специальные методики позволяют сократить время проведения испытаний на длительность хранения продукции более чем в 20 раз.

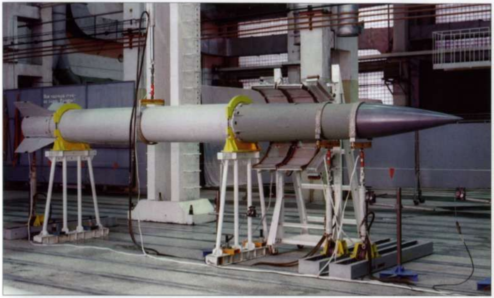
Climatic tests

Items are tested for high-temperature, low-temperature and moisture resistance with a simulation of various climatic factors and low atmospheric pressure. Long-term open-air or indoor storage conditions of various climatic zones are simulated.

Tests are conducted within the temperature range of -90 to +300°C. The moisture range is between 10 to 98%. The pressure reduction level is down to 10^{-3} mm Hg. The weight of the tested items is up to 1,000 kg. Their maximum dimensions are 1 x 1 x 7.5 m.

The special techniques used in these tests allow for more than a twentyfold reduction in the duration of tests for long-term storage of products.





Теплопрочностные испытания

Испытания проводятся с целью определения прочности и располагаемого ресурса объектов – при имитации нагрузок и температур в реальном масштабе времени, а также аппаратуры – при пониженных и повышенных температурах. Испытания осуществляются при нагрузках до 1 мПа, в диапазоне температур -30°C до +2000°C, при максимальном количестве каналов нагружения – 32 и нагрева – 20.

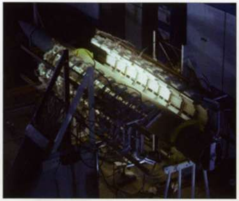
Информационно-регистрирующая система позволяет получать сведения о параметрах испытания по 1000 каналов. Максимальные габариты испытываемых объектов – 30 x 18 м, возможно одновременное испытание двух объектов данных размеров.

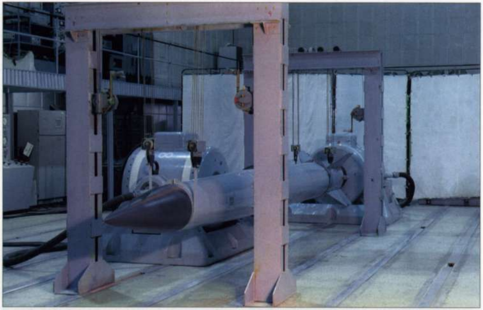
Thermal strength tests

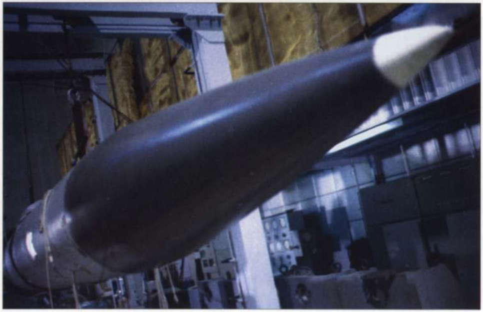
Tests are conducted with a purpose to determine the strength and fatigue level of items by real-time simulation of loads and temperatures, and of equipment sets by exposing them to low and high temperatures.

Tests are conducted at loads up to 1 MPa, within the temperature range of -30 to +2,000°C, with 32 loading channels and 20 thermal channels maximum.

A data recording system makes it possible to acquire test parameters data from 1,000 channels. The maximum dimensions of tested items are 30 x 18 m. It is possible to simultaneously test two items of this size.







Динамические испытания

Механические (динамические) испытания объектов проводятся с целью определения характеристик их вибропрочности и виброустойчивости, для модального анализа конструкции и анализа динамических процессов в реальном масштабе времени.

Испытания осуществляются в диапазоне частот от 0,1 до 20000 Гц с максимальным ускорением до 2000 м/сек^2, максимальные габариты испытываемых объектов – 2 x 2 x 10 м. Параметры задаваемых синусоидальных вибраций соответствуют требованиям IEC 68-2-6, широкополосные случайные вибрации соответствуют требованиям IEC 68-2-34.

Применяемые специальные методики позволяют проводить испытания в ускоренном режиме, без снижения качества и достоверности получаемой информации.

Dynamic tests

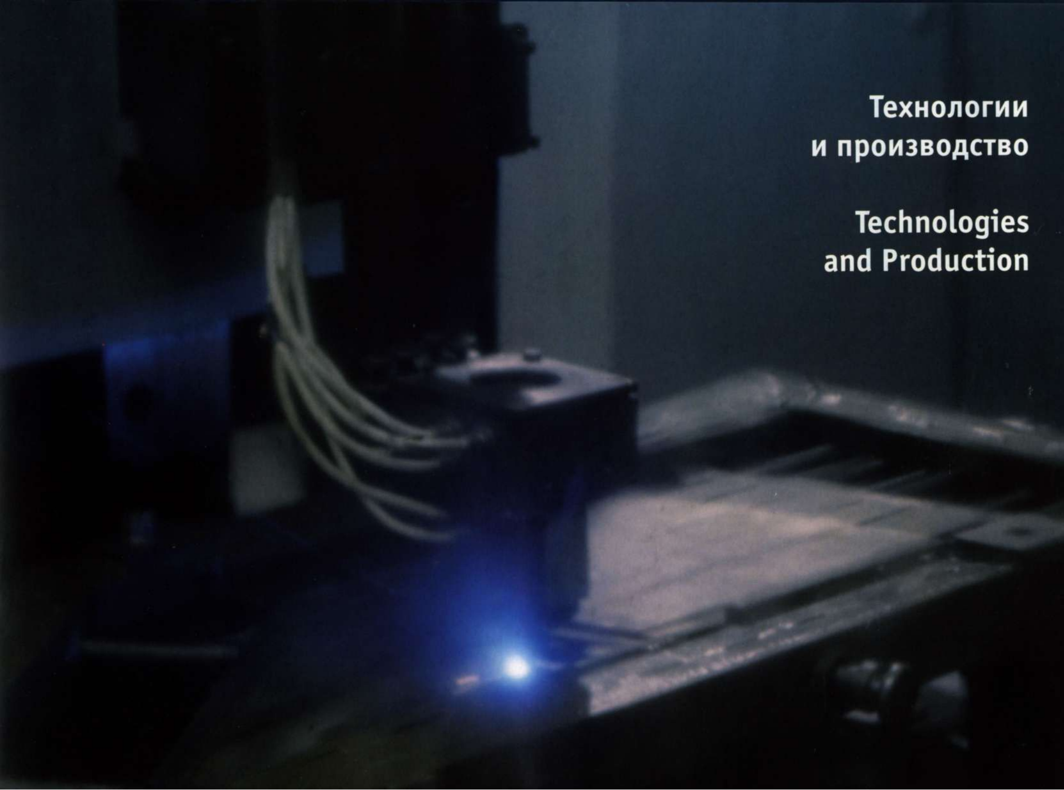
Mechanical (dynamic) testing of items is conducted with a purpose to determine their vibration strength and vibration resistance characteristics, to perform their structural modal analysis and analyze dynamic processes in real-time mode.

The tests are conducted within the frequency range of 0.1 to 20,000 Hz with a maximum acceleration of up to 2,000 m/s^2. The maximum dimensions of the tested items are 2 x 2 x 10 m. The sinusoidal vibration settings comply with the IEC 68-2-6 standards. The broadband random vibration settings comply with the IEC 68-2-34 standards.

The special techniques applied in these tests allow conducting tests in an accelerated mode without any detriment to quality and test data adequacy.

Технологии
и производство

Technologies
and Production



Производственная база, которой располагало МКБ "Факел" в первые годы своего существования, представляла собой опытный авиационный завод, мощности которого позволяли обеспечивать изготовление опытных образцов ракет и их отдельных элементов. Основными конструкционными материалами, которые в период становления предприятия применялись при изготовлении ракет, были конструкционные и нержавеющие стали, деформируемые и литейные алюминиевые сплавы, неметаллические материалы, широко используемые во всех отраслях народного хозяйства. В течение последующих десятилетий технологи и работники предприятия в содружестве с ведущими материаловедческими организациями страны вели непрерывный поиск самых совершенных материалов, разрабатывали и осваивали новые, зачастую уникальные, технологические процессы, предназначавшиеся для изготовления различных деталей и агрегатов ракет.

В число наиболее современных технологических процессов, которые в настоящее время используются при изготовлении ракет и их агрегатов, входят штамповка взрывом, штамповка методом обратного прессования, фасонное литье, лазерная сварка, изготовление конструкций из полимерных материалов, ротационная вытяжка, нанесение защитных износостойких покрытий методом микродугового оксидирования.

During the initial period of its existence, the Fakel Engineering Design Bureau possessed an aviation pilot-production plant as its own production base capable of producing prototypes of missiles and their separate elements. During this period, the primary structural materials to manufacture missiles comprised structural and stainless steels, wrought and cast aluminum alloys, nonmetallic materials widely used in all spheres of the national economy. Within the subsequent decades, in cooperation with the leading material research organizations of our country the Fakel's technologists and workers continuously searched for the best materials, developed and brought new and quite often unique technological processes, meant for manufacturing various details and units of missiles, to a serial production level.

The most up-to-date technological processes that are nowadays used for manufacturing missiles and their units include explosive forming, inverse extrusion forming, shape casting, laser welding, making constructions out of polymeric materials, rotary drawing, applying wear-resistant protective coatings by microarc oxidation.

Штамповка методом обратного прессования

Этот метод применяется для изготовления в серийном производстве корпусов двигательных установок из высокопрочных алюминиевых сплавов.

Inverse extrusion forming

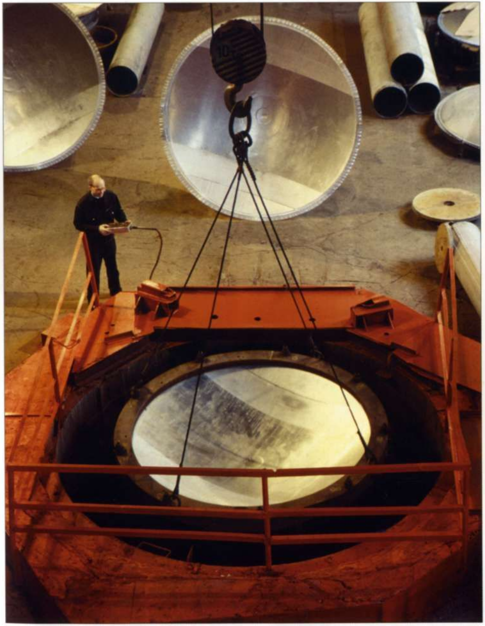
This method is used in serial production to manufacture the power plants bodies out of highly resistant aluminum alloys.

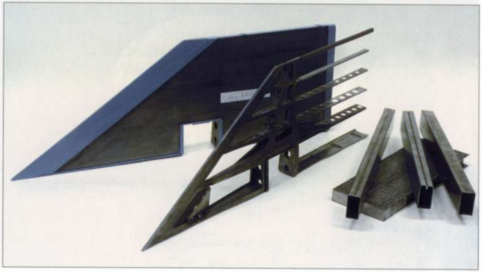
Штамповка взрывом

Применяется для изготовления в единичном, опытном и мелкосерийном производстве тонкостенных крупногабаритных деталей и конструкций, например, днищ топливных баков, параболических антенн. Процесс характеризуется высокой экономической эффективностью из-за незначительного объема капитальных затрат и небольших сроков, а также низкой стоимости подготовки производства. Наиболее эффективно использование этого процесса при изготовлении зеркал антенн спутниковой связи, при формообразовании обечаек конической и оживальной формы. Максимальный диаметр обрабатываемой детали – до 3-3,5 м, толщина детали – от 2 до 20 мм, точность выполнения геометрических размеров – 9-12 квалитет.

Explosive forming

It is used in individual, pilot-scale and small-batch production to manufacture thin-wall large-size details and constructions – for example, fuel tanks bottoms and parabolic antennas. This process is characterized by high economic effectiveness (due to an insignificant volume of capital expenditures and modest terms), as well as by low cost of the preparation of production. It is highly effective for manufacturing reflectors of the satellite communication antennas, for moulding conic and ogive shells. The maximum diameter of a workpiece amounts up to 3-3.5 m, thickness of a workpiece varies from 2 to 20 mm, dimensional accuracy is 9-12 qualitet.





Ротационная вытяжка

Применяется для изготовления цилиндрических и конических деталей с малой высотой микронеровностей и точными размерами – из разнообразных материалов: от низкоуглеродистых сталей до высокопрочных и нержавеющих сплавов, алюминия и титана. Габариты изготавливаемых деталей: диаметр – от 5 до 600 мм, длина – до 1500 мм. С помощью этого метода можно изготавливать особотонкостенные трубчатые детали малого диаметра, с толщиной до 0,05-0,1 мм. Применение данного процесса наиболее эффективно при изготовлении тонкостенных корпусов, работающих под давлением, точных заготовок колец, труб, цилиндров гидропневмоаппаратуры.

Rotary drawing

It is used to make cylindrical and conic details with low height of roughness and precise dimensions, out of various materials: from low-carbon steels to high-resistant and stainless alloys, aluminum and titan. Dimensions of manufactured details: diameter – from 5 to 600 mm, length – up to 1,500 mm. This method makes it possible to produce extremely thin-wall tube details of small diameter with a thickness of up to 0.05-0.1 mm. The process is particularly effective when used to make thin-wall bodies working under pressure, precise ring, tube and cylinder billets for hydropneumatic equipment.

Лазерная сварка

Для создания высоконадежных сложных конструкций, силовых панелей из самых современных металлов и сплавов, при их минимальных деформациях, используется лазерная сварка.

Автоматизированный лазерный технологический комплекс, действующий на предприятии, включает в себя технологический газовый лазер, управляемый ЭВМ, технологический модуль и специализированную оснастку. Номинальная мощность газового лазера – 3 кВт, максимальная – 5 кВт. Режим излучения – непрерывный и импульсный. Максимальная толщина свариваемых титановых сплавов и сталей – 4 мм, скорость перемещения – до 4 м/мин, точность позиционирования – 0,1 мм.

Laser welding

Laser welding is used to build highly reliable complex constructions, to manufacture power panels out of the most up-to-date metals and alloys with minimum deformation.

Automated laser technological complex operating at the enterprise includes a computer-controlled technological gas laser, a technological module and specialized attachments. The gas laser rated power is 3 kW, maximum output is 5 kW. Mode of radiation – continuous and pulse. Maximum thickness of titanium alloys and steels to be welded is 4 mm, rate of movement – up to 4 m/min, positioning accuracy – 0.1 mm.

Нанесение защитных износостойких покрытий на детали из алюминиевых сплавов методом микродугового оксидирования

Этот метод применяется для создания покрытий на внешних и внутренних поверхностях любой сложности и конфигурации. Он позволяет получать керамические покрытия с высокой износо- и теплостойкостью, с повышенной надежностью противокоррозионной защиты, с повышенной диэлектрической проницаемостью. Толщина наносимого покрытия – 5-300 мкм, микротвердость покрытия – до 2000 кгс/мм^2, адгезия – 0,8 прочности основного материала, износостойкость в 8 раз выше, чем у сплава ВК8, максимальная покрываемая поверхность деталей при загрузке в ванну – 50 дм^2.

Фасонное литье

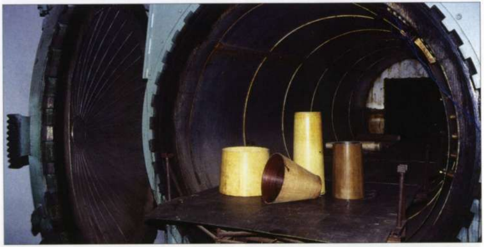
Используется для выполнения отливок из алюминиевых и магниевых сплавов в песчаные формы; титановых и стальных отливок – в оболочковые формы, изготовляемые методом выплавляемых моделей. Чистота поверхностей, качество и точность отливок соответствуют существующим требованиям машиностроения и других отраслей народного хозяйства.

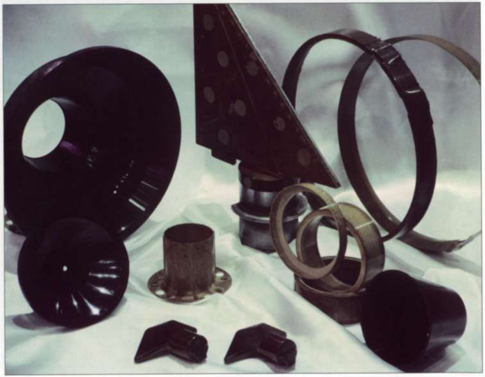
Application of wear-resistant protective coatings onto aluminum alloy details by microarc oxidation

This method is used to make coatings on external and internal surfaces of any complexity and configuration. It makes it possible to create ceramic coatings with high wear resistance and high heat stability, increased reliability of rust protection, and increased dielectric constant. Thickness of applied coating is 5-300 μ, microhardness of coating – up to 2000 kg/mm^2, adhesion – 0.8 related to main material, wear resistance is 8 times higher than that of the VK8 alloy, maximum coated surface of details when charging a bath – 50 dm^2.

Shape casting

It is used to cast aluminum and magnesium alloys into sand moulds; titanium and steel alloys – into shell moulds made as investment moulds. Surface finish, quality and accuracy of castings comply with the present standards of the engineering industry and other branches of the national economy.





Изготовление конструкций из полимерных материалов

Изготовление деталей из неметаллических материалов с помощью прессования, литья и автоклавного вакуумного формирования широко используется в МКБ "Факел". Таким образом обеспечивается формование объемных крупногабаритных деталей диаметром до 2 м и длиной до 6 м при температурах до +300°С и давлении до 3 мПа. Осуществление технологических процессов по вакууму, давлению и температуре полностью автоматизировано. Имеющееся на предприятии автоклавное, вакуумное и прессовое оборудование с усилием прессования от 10 до 4500 т позволяет изготавливать практически любые детали из любых видов пресскомпозиций.

Making constructions out of polymeric materials

Manufacturing details out of nonmetallic materials by means of moulding, casting and autoclave vacuum moulding is widely used in the Fakel Engineering Design Bureau. Thus, it is possible to ensure moulding of bulky large-size details with a diameter of up to 2 m and a length of up to 6 m under temperatures of up to +300°C and a pressure of up to 3 MPa. Execution of the technological processes as far as vacuum, pressure and temperature are concerned, is fully automated. Fakel possesses autoclave, vacuum and moulding plants and equipment with a moulding force of 10 to 4,500 t that make it possible to produce practically any detail out of any moulding composition type.

Календарь памятных дат
МКБ “Факел”

History of the Fakel
Engineering Design Bureau

Календарь памятных дат МКБ “Факел”

20 ноября 1953 года образовано Особое конструкторское бюро № 2 (с 1967 года МКБ “Факел”)

8 марта 1955 года состоялся первый перехват самолета-бомбардировщика управляемой ракетой РС-1У

26 апреля 1955 года состоялся первый пуск ракеты 1Д

13 октября 1957 года состоялся первый пуск противоракеты В-1000

7 ноября 1957 года во время парада на Красной площади в Москве впервые продемонстрирована ракета 1Д

11 декабря 1957 года на вооружение принята ракета 1Д

25 апреля 1958 года состоялся первый пуск ракеты 4К90

25 июля 1958 года предприятие награждено орденом Ленина

28 ноября 1958 года на вооружение принята авиационная управляемая ракета РС-2У

30 декабря 1958 года предприятие посетила группа руководителей страны во главе с Н.С. Хрущевым и Л.И. Брежневым

22 мая 1959 года на вооружение был принят комплекс С-75 “Десна” с ракетой 13Д

7 октября 1959 года в небе над Китаем был сбит высотный самолет-разведчик РБ-57Д

23 января 1960 года состоялся первый пуск ракеты 17Д

1 мая 1960 года около Свердловска был сбит самолет-разведчик “Локхид” U-2 с летчиком Ф.Г. Пауэрсом

History of the Fakel Engineering Design Bureau

November 20, 1953 – Special Design Bureau #2 (since 1967, the Fakel Engineering Design Bureau) was set up

March 8, 1955 – First interception of a bomber by a RS-1U missile

April 26, 1955 – First launch of the 1D missile

October 13, 1957 – First launch of the V-1000 ABM missile

November 7, 1957 – First demonstration of the 1D missile at the parade in the Red Square in Moscow

December 11, 1957 – The 1D missile was adopted for service

April 25, 1958 – First launch of the 4K90 missile

July 25, 1958 – The Fakel Engineering Design Bureau was awarded the *Order of Lenin*

November 28, 1958 – The RS-2U air-launched missile was adopted for service

December 30, 1958 – The enterprise was visited by a group of the USSR political leaders headed by N. Khrushchev and L. Brezhnev

May 22, 1959 – The S-75 Desna system fitted with the 13D missile was adopted for service

October 7, 1959 – The RB-57D high-altitude spy aircraft was downed in the airspace of China

January 23, 1960 – First launch of the 17D missile

May 1, 1960 – The Lockheed U-2 spy aircraft piloted by F. Powers was downed in the Sverdlovsk area

27 июля 1960 года – состоялся первый пуск ракеты 5В21

10 октября 1960 года на вооружение принят авиационный комплекс перехвата Су-9-51 с ракетами РС-2УС

4 марта 1961 года ракетой В-1000 впервые в мире была поражена головная часть баллистической ракеты дальнего действия

20 апреля 1961 года на вооружение принят комплекс С-75М "Волхов" с ракетой 20Д.

21 июня 1961 года на вооружение принят комплекс С-125 с ракетой 5В24

9 июля 1961 года на параде в Тушино впервые показана ракета РС-2У

27 октября 1962 года в небе над Кубой сбит самолет-разведчик "Локхид" U-2

24 августа 1962 года на вооружение принят корабельный ЗРК М-1 "Волна" с ракетой 4К90

27 декабря 1963 года состоялся первый пуск ракеты 22Д

29 мая 1964 года на вооружение была принята ракета 5В27

7 ноября 1964 года во время парада на Красной площади в Москве впервые продемонстрирована противоракета 5В61

27 марта 1965 года состоялся первый пуск ракеты 9М33

24 июля 1965 года в небе над Вьетнамом впервые сбит комплексом С-75 американский самолет

31 июля 1965 года ракетой 22Д при работе ракетно-прямоточной двигательной установки достигнута скорость М=3.9

1 июля 1966 года – генеральный конструктор МКБ "Факел" П.Д. Грушин избран действительным членом Академии наук СССР

July 27, 1960 – First launch of the 5V21 missile

October 10, 1960 – The Su-9-51 aircraft interception system fitted with the RS-2US missiles was adopted for service

March 4, 1961 – For the first time in the world, the V-1000 missile destroyed a long-range ballistic missile warhead

April 20, 1961 – The S-75M Volkhov system fitted with the 20D missile was adopted for service.

June 21, 1961 – The S-125 system fitted with the 5V24 missile was adopted for service

July 9, 1961 – First demonstration of the RS-2U missile at the parade in Tushino

October 27, 1962 – The Lockheed U-2 spy aircraft was downed in the airspace of Cuba

August 24, 1962 – The ship-based M-1 Volna AD missile system fitted with the 4K90 missile was adopted for service

December 27, 1963 – First launch of the 22D missile

May 29, 1964 – The 5V27 missile was adopted for service

November 7, 1964 – First demonstration of the 5V61 ABM missile at the parade in the Red Square in Moscow

March 27, 1965 – First launch of the 9M33 missile

July 24, 1965 – The first American aircraft was downed by the S-75 system in the airspace of Vietnam

July 31, 1965 – The 22D missile equipped with the direct-flow power plant achieved the flight speed of M=3.9

July 1, 1966 – Pyotr D. Grushin, General Designer of the Fakel Engineering Design Bureau, was elected Full Member of the Academy of Sciences of the USSR

22 февраля 1967 года на вооружение принята ЗРС С-200 с ракетой 5В21, разработанной в МКБ “Факел”

4 марта 1970 года - первый пуск ракеты 5В55

9 июня 1970 года ракетой 5В61 полигонного образца системы ПРО А-35 в штатном режиме была перехвачена боеголовка баллистической ракеты

30 июня 1970 года в небе над Египтом впервые сбит комплексом С-125 израильский самолет

4 октября 1971 года на вооружение принят самоходный комплекс “Оса”

30 марта 1978 года – первый пуск ракеты 9М330

3 мая 1978 года на вооружение принят ЗРК С-125М-1 с ракетой 5В27Д

30 ноября 1979 года осуществлен первый катапультный старт ракеты 5В55

20 апреля 1981 года предприятие награждено орденом Октябрьской Революции

Апрель 1981 года – в небе над Ливаном впервые сбит ЗРК “Оса” израильский самолет

20 февраля 1984 года состоялся первый пуск ЗУР 48Н6

19 марта 1986 года на вооружение принят ЗРК “Тор” с ракетой 9М330

20 марта 1986 года у побережья Ливии ЗРС С-200 сбито три американских самолета.

25 сентября 1991 года генеральным конструктором МКБ “Факел” назначен Владимир Григорьевич Светлов

27 ноября 1991 года состоялось первое испытание гиперзвуковой летающей лаборатории “Холод”, созданной на базе ракеты 5В28

February 22, 1967 – The S-200 AD missile system fitted with the 5V21 missile designed by the Fakel Engineering Design Bureau was adopted for service

March 4, 1970 – First launch of the 5V55 missile

June 9, 1970 – The 5V61 missile, a test range sample of the A-35 ABM system, intercepted a ballistic missile warhead in a regular mode

June 30, 1970 – The first Israeli aircraft was downed by the S-125 system in the airspace of Egypt

October 4, 1971 – The Osa self-propelled system was adopted for service

March 30, 1978 – First launch of the 9M330 missile

May 3, 1978 – The S-125M-1 AD missile system fitted with the 5V27D missile was adopted for service

November 30, 1979 – First self-eject launch of the 5V55 missile

April 20, 1981 – The Fakel Engineering Design Bureau was awarded the *Order of the October Revolution*

April 1981 – The first Israeli aircraft was downed by the Osa AD missile system in the airspace of Lebanon

February 20, 1984 – First launch of the 48N6 AD missile

March 19, 1986 – The Tor AD missile system fitted with the 9M330 missile was adopted for service

March 20, 1986 – Three American aircraft were downed by the S-200 AD missile system close to the Libyan coast

September 25, 1991 – Vladimir G. Svetlov was appointed General Designer of the Fakel Engineering Design Bureau

November 27, 1991 – First test of the Kholod hypersonic flying laboratory created on the basis of the 5V28 missile

Август 1992 года – на выставке "Мосаэрошоу" впервые показаны ракеты МКБ "Факел"

17 февраля 1993 года – на выставке IDEX (Абу-Даби) во время показательных стрельб ракетами 48Н6Е (ЗРС С-300 ПМУ1) и ракетами 9М330 (ЗРК "Тор") было сбито несколько воздушных мишеней

23 декабря 1993 года – предприятию присвоено имя академика Петра Дмитриевича Грушина

17 февраля 1995 года на вооружение принята система ПРО Московского промышленного района А-135, в состав которой входят ракеты, созданные в МКБ "Факел"

10 августа 1995 года в процессе испытаний ЗРС С-300ПМУ-2 "Фаворит" ракетой 48Н6Е2 уничтожена боевая головка тактической ракеты

Март 1999 года – на выставке IDEX (Абу-Даби) была впервые показана ракета 9М96Е

27 марта 1999 года в небе над Югославией ЗРК С-125 сбит самолет F-117A ("Стелс")

Август 1999 года – на выставке МАКС-99 впервые показана ракета 5В27ДЕ

30 сентября 2002 года предприятие преобразовано в открытое акционерное общество

August, 1992 – First demonstration of the Fakel Engineering Design Bureau's missiles at the Moscow Aero Show

February 17, 1993 – Several air targets were downed by the 48N6E (S-300PMU1 AD missile system) and 9M330 (Tor AD missile system) missiles during the demonstration launch at IDEX exhibition in Abu-Dhabi

December 23, 1993 – The enterprise was named after Academician Pyotr D. Grushin

February 17, 1995 – The A-135 ABM system of the Moscow industrial region fitted with missiles designed by the Fakel Engineering Design Bureau was adopted for service

August 10, 1995 – The 48N6E2 missile destroyed a tactical missile warhead during the test of the S-300PMU-2 Favorit AD missile system

March, 1999 – First demonstration of the 9M96E missile at IDEX exhibition in Abu-Dhabi

March 27, 1999 – An F-117A Stealth aircraft was downed by the S-125 AD missile system in the airspace of Yugoslavia

August, 1999 – First demonstration of the 5V27DE missile at MAKS-99 exhibition in Moscow

September 30, 2002 – The enterprise was reorganized into an open joint stock company

Редактор: Татьяна Баратова
Графика: Александр Фаныгин
Дизайн и верстка: Андрей Иванов

Edited by Tatyana Baratova
Graphics: Alexander Fanygin
Design and Layout: Andrei Ivanov